

LUCIANE PEREIRA REIS

FISIOLOGIA E BIOQUÍMICA DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
Ormosia coarctata JACKS. SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

R375f
2017

Reis, Luciane Pereira, 1991-
Fisiologia e bioquímica da germinação de sementes de
Ormosia coarctata Jacks. sob diferentes temperaturas / Luciane
Pereira Reis. – Viçosa, MG, 2017.
x, 60f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Eduardo Euclides de Lima e Borges.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Ormosia coarctata* Jacks. Sementes - Fisiologia.
2. Sementes - Bioquímica. 3. Germinação. 4. Enzimas.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Florestal. Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal.
II. Título.

CDO adapt. CDD 22 ed. 581

LUCIANE PEREIRA REIS

**FISIOLOGIA E BIOQUÍMICA DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
Ormosia coarctata JACKS. SOB DIFERENTES TEMPERATURAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de julho de 2017

Glauciana da Mata Ataíde

Genaina Aparecida de Souza

Eduardo Euclides de Lima e Borges
(Orientador)

Dedico este trabalho à minha mãe e minha avó, mulheres guerreiras e de fibra que me ensinaram a sorrir e ter fé mesmo nos momentos difíceis, por ter lutado pelos meus sonhos e me apoiado em todos eles.

Dedico também à memória do meu avô Manoel Reis, por ter me ensinado seus valores e por ter sido o pai que não tive.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de existir, por guiar meus passos, por abençoar todos os dias da minha vida, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

À minha mãe Maria Reis, pelo carinho, amizade e cuidados maternos. Por estar sempre disposta a lutar pelos meus sonhos e fazer o impossível para que eles se realizem.

À minha irmã Maria Lúcia Reis, pelo companheirismo e amizade.

Aos meus avós Manoel Reis (em memória) e Maria Reis por sempre estarem presentes desde o meu nascimento sendo fundamentais na minha educação.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Florestal pela oportunidade oferecida e por todos os ensinamentos; ao CNPq pelo auxílio financeiro, à CAPES e ao Programa Pró-Amazônia n° 52 pelo subsídio financeiro do projeto.

À Universidade Federal do Pará, pela formação em Engenharia Florestal, em especial aos professores Alisson Reis, José Wilson, Miguel Alves e Simone Moreira, pelo apoio e força.

Ao Prof. Dr. Eduardo Euclides de Lima e Borges pela orientação, por ter me recebido de braços abertos para o mestrado e pelo apoio em todos os momentos.

A todos os funcionários do Laboratório de sementes florestais (LASF) pelo acolhimento e auxílio nas análises, Leacir Silva, Pedro Cupertino, Sebastião Sobrinho, Gilberto Lana, principalmente ao José Mauro pela amizade, risos, conversas e apoio emocional.

Aos colegas de trabalho do LASF pelo companheirismo, amizade e apoio, Marcone Moreira, Rodrigo Lara, Paulo Magistrali e Antônio Matos.

Ao colega Ricardo Gallo pela extrema ajuda com as análises estatísticas.

Aos secretários da pós-graduação Alexandre Amorim e Dílson Garcia por sempre estarem dispostos a ajudar.

À minha amiga Katucia Zatelli, uma irmã que encontrei nos corredores do departamento da florestal, amizade à primeira vista, que me ensinou muitas coisas com seu jeito carinhoso e espontâneo de ser, minha companheira de idas e vindas ao laboratório, obrigada “gêmula”.

À república formigueiro e as formigas Raíra Salomea, Taise Arenhardt, Katucia Zatelli, Priscila Torres, Kivia Tosta e a mais nova formiga Lidia Dourado, obrigada por estarem sempre me apoiando, me dando conselhos e por estarem sempre do meu lado.

Aos amigos da pensão, Mariane Chaves, Lamara Brito, Daniele Cristina, Ítalo Lima e Douglas Balestrin.

Aos amigos de longa data Jefferson Reis, Érica Fernanda, Josiane Celerino, Iracirema Sena, e Pedro Vitoriano por sempre permanecerem ao meu lado em todos os momentos e por sempre estarem dispostos a me ajudar.

Aos amigos conquistados em Viçosa, Ariel Bezerra, Wantuelfer Fernandes, Ismael Carrasco, Nina Moreira, Wiane Meloni, e principalmente Renan Araújo por aguentar meus choros, reclamações e chatices, por me ajudar e por estar sempre do meu lado.

Aos amigos da Biologia celular, Daniel Miranda, Alessandra Faustino, Amanda Martins, Larissa Monteiro, Hélio Paulo e Ítalo Esposti pela companhia, risadas e comidas.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte para esta realização, o meu muito obrigado.

“O sonho é satisfação de que o desejo se realize”

Sigmund Freud

BIOGRAFIA

LUCIANE PEREIRA REIS, filha de Maria Pereira Reis, nasceu na cidade de Vitorino Freire, Maranhão, em 20 de junho de 1991.

Em março de 2010, ingressou na Universidade Federal do Pará, graduando-se em Engenharia Florestal em janeiro de 2015.

Em agosto de 2015, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo os requisitos necessários para obter o título de *Magister Scientiae* em julho de 2017, com defesa da dissertação.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
EFEITOS DE SUBSTRATOS, DA LUZ E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Ormosia coarctata</i> JACKS.	7
INTRODUÇÃO.....	9
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS	12
DISCUSSÃO.....	15
CONCLUSÕES.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
ALTERAÇÕES NAS RESERVAS DE SEMENTES DE <i>Ormosia coarctata</i> JACKS. DURANTE A GERMINAÇÃO EM DIFERENTES TEMPERATURAS	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	27
RESULTADOS	29
DISCUSSÃO	33
CONCLUSÕES	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ATIVIDADE ENZIMÁTICA DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>ormosia coarctata</i> jacks. SOB DIFERENTES TEMPERATURAS	42
RESUMO.....	42
ABSTRACT.....	43
INTRODUÇÃO	44
MATERIAL E MÉTODOS	45
RESULTADOS	47
DISCUSSÃO	51
CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
CONCLUSÕES GERAIS	60

RESUMO

REIS, Luciane Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Fisiologia e bioquímica da germinação de sementes de *Ormosia coarctata* Jacks. sob diferentes temperaturas.** Orientador: Eduardo Euclides de Lima e Borges.

O estudo da germinação e das alterações fisiológicas e bioquímicas de sementes é imprescindível tanto para sua utilização como para as pesquisas, uma vez que elas são fundamentais para a conservação da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas, bem como em plantios diversos. A germinação é um estágio essencial no ciclo de vida das espécies. Dentre os fatores ambientais que influenciam a germinação destaca-se a temperatura, uma vez que ela afeta a velocidade e a porcentagem de germinação e as reações bioquímicas e fisiológicas que governam o processo germinativo. Considerando-se que o acúmulo de informações a respeito dos processos germinativos para a espécie é ainda incipiente, objetivou-se investigar o efeito da temperatura na germinação, mobilização de reservas e no metabolismo oxidativo em sementes de *Ormosia coarctata*. Para tanto, os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes Florestais da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Foram utilizadas neste trabalho sementes de *O. coarctata* coletadas no município de Alta Floresta (MT). Inicialmente, foi feito um estudo com o objetivo de avaliar diferentes substratos, temperaturas e luz, e suas interações, na germinação de *O. coarctata*. As sementes foram submetidas a um pré-teste de quebra de dormência com escarificação mecânica e escarificação química e avaliadas em duas etapas: na primeira foram avaliados os substratos e na segunda, os regimes de luz e de temperatura. No segundo capítulo, foi avaliado o teor de água das sementes durante a germinação, estabelecido a partir da curva de embebição, nas temperaturas constantes de 15, 25, 30, 35 e 40 °C, sendo retiradas amostras de sementes a cada 48 horas, para quantificação das reservas de lipídeos, açúcares solúveis, monossacarídeos, amido e proteínas solúveis. No terceiro capítulo, foram avaliadas as atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) catalase (CAT) e peroxidase (POX) nos cotilédones de sementes de *O. coarctata*, durante embebição nas temperaturas de 20, 25 e 35 °C. Pelos resultados pode-se observar que os melhores substratos para a condução da germinação de sementes de *O. coarctata* foram areia e rolo de papel. A faixa ótima de temperatura para germinação das sementes de *O. coarctata* está entre 25 e 35 °C. As sementes de *O. coarctata* germinam tanto na presença quanto na

ausência de luz, comportando-se como fotoblásticas neutras. As taxas de absorção de água das sementes aumentam à medida em que se aumenta a temperatura. As alterações nas reservas de carboidratos, de lipídeos e de proteínas apresentam decréscimos em todas as temperaturas. Nas temperaturas 15 e 40 °C, acima e abaixo da faixa ótima de germinação para a espécie, foram detectados teores de glicose, o que não foi observado nas demais temperaturas. Em nenhuma das temperaturas foi observado atividade da APX e CAT nos tempos zero e em 24 h de embebição. As enzimas SOD, APX e CAT apresentam maiores alterações em suas atividades em 35 °C.

ABSTRACT

REIS, Luciane Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Physiology and biochemistry of germination of *Ormosia coarctata* Jacks seeds. under different temperatures.** Adviser: Eduardo Euclides de Lima e Borges.

The study of the germination and physiological and biochemical changes of seeds is essential both for their use and for research, since they are fundamental for the conservation of the biodiversity, recovery of degraded areas, as well as in diverse plantations. The germination is an essential stage in the life cycle of species. Among the environmental factors that influence germination, the temperature is highlighted, since it affects the speed and percentage of germination and the biochemical and physiological reactions that govern the germination process. Considering that the accumulation of information about germination processes for the specie is still incipient, the objective of this study was to investigate the effect of temperature on germination, mobilization of reserves and oxidative metabolism on *Ormosia coarctata* seeds. For that, the experiments were conducted in the Laboratory of Analysis of Forest Seeds of the Universidade Federal de Viçosa - UFV. *O. coarctata* seed's collected in the city of Alta Floresta (MT) were used in this work. Initially, a study was carried out with the objective of evaluating different substrates, temperatures and light, and their interactions, in the germination of *O. coarctata*. The seeds were submitted to a pre-test of dormancy breaking with mechanical scarification and chemical scarification and evaluated in two stages: in the first the substrates were evaluated and in the second, the light and temperature regimes. In the second chapter, the water content of the seeds during germination, established from the imbibition curve, at the constant temperatures of 15, 25, 30, 35 and 40 ° C was evaluated, being seed samples taken every 48 hours, for quantification of lipid, soluble sugars, monosaccharides, starch and soluble proteins. In the third chapter, the activities of the enzymes superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase (APX) catalase (CAT) and peroxidase (POX) were evaluated in the cotyledons of *O. coarctata* seeds during imbibition at temperatures of 20, 25 and 35 °C. From the results it can be observed that the best substrates for the germination of *O. coarctata* seeds were sand and paper roll. The optimum temperature range for germination of *O.coarctata* seeds is between 25 and 35 ° C. The *O.coarctata* seeds germinate both in the presence and absence of light,

behaving like neutral photoblasts. The water absorption rates of the seeds increase as the temperature increases. Changes in carbohydrate, lipid and protein reserves show decreases at all temperatures. At temperatures 15 and 40 ° C, above and below the optimum germination range for the species, glucose levels were detected, which was not observed in the other temperatures. At none of the temperatures were observed APX and CAT activity at zero times and at 24 h of imbibition. The SOD, APX and CAT enzymes show greater changes in their activities at 35 ° C.

INTRODUÇÃO GERAL

Conhecida popularmente no Brasil como tento mulungu ou olho de cabra, *Ormosia coarctata* Jacks é uma espécie pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae. Possui folhas compostas, alternas, imparipinadas, e pilosidade cor de ferrugem nos ramos e frutos. Suas sementes têm coloração preta e vermelha e são utilizadas para confecção de artesanatos.

Nos últimos anos, no Brasil, principalmente devido aos incentivos à recuperação de áreas degradadas e à recomposição de matas ciliares, tornou-se necessário conhecer os processos que envolvem a germinação de sementes florestais (RÊGO e POSSAMAI, 2004). O conhecimento desses processos é imprescindível para a utilização dessas sementes, uma vez que elas são fundamentais para a conservação da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas e para plantios diversos.

Embora exista grande diversidade de espécies no País, o conhecimento das condições ideais para germinação da maioria das sementes florestais é escasso. Poucas espécies florestais estão incluídas nas Regras de Análise de Sementes (RAS), instituídas pelo Ministério da Agricultura. Apesar da importância das sementes florestais, são poucos os resultados de pesquisas envolvendo tecnologia de sementes que fornecem informações que expressem suas qualidades fisiológicas.

A germinação de sementes é um processo complexo regulado por diferentes eventos metabólicos que se inicia com a absorção de água pelas sementes, respiração para fornecimento de energia, recuperação de danos estruturais causados pela secagem e atividades celulares restabelecidas, resultando no surgimento da raiz primária (BEWLEY et al., 2013). O conhecimento sobre a germinação das sementes e os fatores que a influenciam são úteis para fornecimento de informações a respeito de sua propagação. Cada espécie apresenta resposta diferenciada, que pode estar ligada a agentes patogênicos, ao volume de água, à luz, à temperatura, ao oxigênio e aos diferentes tipos de dormência.

Os substratos influenciam o processo de embebição das sementes e o potencial hídrico (WAGNER JÚNIOR et al., 2006), além de oferecerem suporte físico às sementes e proporcionarem condições adequadas para o processo germinativo. Dentre os substratos mais utilizados para testes de germinação em laboratório estão o papel-toalha, o papel-filtro, o papel-mata-borrão, a vermiculita e a areia. Rego et al. (2009), analisando

sementes de *Blepharocalyx salicifolius*, relataram que os melhores resultados de germinação foram obtidos com os substratos papel-toalha, vermiculita e areia. Medeiros et al. (2013) constataram melhores resultados nos substratos areia e rolo de papel, para as sementes de *Pseudobombax marginatum*. Melo et al. (2016) obtiveram melhores resultados para as sementes de *Erythrina crista-galli* com o substrato papel-filtro. Portanto, percebe-se que diferentes espécies têm respostas diferenciadas para cada tipo de substrato, pois as características inerentes aos dois componentes devem ser levadas em consideração.

A luz controla o desenvolvimento das plantas por meio de complexo sistema de fotorreceptores (LI et al., 2011). A resposta ao estímulo luminoso das sementes é denominada fotoblastia. O fotoblastismo é positivo quando a luz promove a germinação; negativo, quando a germinação é promovida na ausência da luz; e neutro, quando a germinação ocorre tanto na ausência como na presença de luz (CANOSSA et al., 2008). Espécies diferentes respondem diferentemente aos estímulos luminosos. As sementes de *Platymiscium floribundum* possuem maiores taxas de germinação na presença de luz (ALVES et al., 2016), as de *Bowdichia virgilioides* o fazem na sua ausência (ROSA-MAGRI e MENEHIN, 2014) e as de *Mimosa caesalpinifolia* germinam tanto na presença como na ausência de luz (HOLANDA et al., 2015).

A temperatura é conhecida por influenciar a porcentagem de germinação e a velocidade em que as reações metabólicas ocorrem em nível celular. As diferentes espécies possuem faixas distintas de temperatura para germinação, pois o requerimento térmico para cada espécie está relacionado com sua distribuição geográfica, sua adaptação fisiológica às condições ambientais dos locais de ocorrência e com o grupo sucessional (BRANCALION et al., 2010). Sabe-se que as espécies respondem tanto às temperaturas constantes como às alternadas. Determinadas espécies têm seu desempenho germinativo proporcionado por temperaturas constantes, como em *Acacia caven* (ESCOBAR et al., 2010), *Amburana cearenses* (GUEDES et al., 2010) e *Erythrina crista-galli* (MELLO et al., 2016); por alternância de temperatura, como *Poecilanthe parviflora* (VALADARES e PAULA, 2008), *Dimorphandra mollis* (PACHECO et al., 2010) e *Clitoria fairchildiana* (ALVES et al., 2013); e por indiferença ao regime de temperatura, como observado em sementes de *Campomanesia adamantium* (SCALON et al., 2009).

O estudo da composição química das sementes fornece informações importantes sobre a fisiologia, o vigor e o potencial de armazenamento (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Os carboidratos, os lipídeos e as proteínas mobilizadas durante a

germinação são utilizados para geração de energia e para construção de novas células e tecidos. Com a hidratação ocorrem os processos que irão culminar no desenvolvimento do eixo embrionário, mediante estruturas e reservas preservadas após a fase de dessecação (KERBAUY, 2004; CASTRO e HILHORST, 2004). Essas reservas são utilizadas pelas sementes por meio de uma série de enzimas responsáveis pela hidrólise de seus compostos. Os teores de reservas armazenadas nas sementes são variáveis nas diferentes espécies (CORTE et al., 2006). As sementes de *Jatropha curcas* possuem 40,33% de lipídeos, 20,92% de proteína bruta e 9,85% de amido (SOUZA et al., 2009), as de *Caesalpinia peltophoroides* possuem 50% de lipídeos, 32% de carboidratos solúveis e 6,8% de proteínas (CORTE et al., 2006), enquanto as sementes de *Cereus jamacaru* contêm 55% de lipídeos, 40% de proteínas e 2,2% de carboidratos (ALENCAR et al., 2012).

No processo de embebição ocorre intensificação da respiração e maior gasto energético para o início do crescimento do embrião. Portanto esse processo, bem como a mobilização de reservas, gera espécies reativas de oxigênio (EROs), que podem causar dano estrutural e funcional às células (PRODANOVIC et al., 2007). A fim de eliminar o dano oxidativo, as plantas protegem suas células por meio de enzimas antioxidantes. O complexo sistema enzimático é composto pela superóxido dismutase (SOD), pela peroxidase (POX), pela catalase (CAT) e pela ascorbato peroxidase (APX) (CARNEIRO et al., 2011). Flores et al. (2014) relataram que em sementes de *Melanoxylon brauna* as enzimas SOD e CAT apresentaram maiores alterações em suas atividades no eixo embrionário a 15 e 40 °C, duas temperaturas estressantes para a espécie. Bailly et al. (2004) constataram aumento da atividade da CAT em *Helianthus annuus* induzida pela secagem das sementes, associado à diminuição do nível de peróxido de hidrogênio e à peroxidação lipídica. Chen et al. (2014) demonstraram que as sementes de arábido que não possuíam a enzima APX acumulavam níveis mais elevados de EROs, exibindo maiores danos oxidativos e germinação reduzida no solo sob o estresse osmótico, salino e térmico. Pires et al. (2016) relataram que a atividade das enzimas do sistema antioxidante em sementes de *Sesamum indicum* é eficiente no sistema de eliminação de EROs durante a exposição ao estresse hídrico.

Diante da possibilidade de ampliar o conhecimento sobre os aspectos germinativos das sementes de *Ormosia coarctata* Jacks, torna-se de grande relevância obter informações a respeito dos mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvidos

durante a germinação da espécie, uma vez que, até o presente momento, não há dados publicados sobre essa espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, N. L.; INNECCO, R.; GOMES-FILHO, E.; GALLÃO, M. I.; ALVAREZ-PIZARRO, J. C.; PRISCO, J. T.; OLIVEIRA, A. B. D. Seed reserve composition and mobilization during germination and early seedling establishment of *Cereus jamacaru* DC ssp. *jamacaru* (Cactaceae). **Anais da academia brasileira de ciências**, v. 84, n. 3, p. 823-832, 2012.

ALVES, E.U.; ALVES, M.M.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, K.R.G.; BARROZO, L.M.; SANTOS-MOURA, S.S.; CARDOSO, E.A. Germinação e vigor de sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae) em função da coloração do tegumento e temperaturas. **Bioscience Journal**, v.29, n.1, p.216-223, 2013.

ALVES, M. M.; ALVES, E.U.; DOS SANTOS LIMA, M. D. L.; RODRIGUES, C. M.; DA SILVA, B. F. Germinação de sementes *Platymiscium floribundum* VOG. (Fabaceae) sob a influência da luz e temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 971-978, 2016.

BAILLY, C.; LEYMARIE, J.; LEHNER, A.; ROUSSEAU, S.; CÔME, D.; CORBINEAU, F. Catalase activity and expression in developing sunflower seeds as related to drying. **Journal of experimental botany**, v. 55, n. 396, p. 475-483, 2004.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 392p., 2013.

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Rev. bras. sementes**, Londrina , v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010 .

CANOSSA, R. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRACCINI, A. L.; BIFFE, D. F.; ALONSO, D. G.; BLAINSKI, E. Temperatura e luz na germinação das sementes de apaga-fogo (*Alternanthera tenella*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 745-750, 2008.

CARNEIRO, C.; LIMA, M. M.; DEUNER, S.; DE OLIVEIRA, P. V.; TEIXEIRA, S. B.; SOUSA, C. P.; MORAES, D. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. **Revista brasileira de sementes**, v. 33, n. 4, 2011.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Germinação de sementes**. In: CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, p.128-166, 2000.

CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: Ferreira, A.G.; Borghetti, F. (Org.) **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, p.149-162, 2004.

CHEN, C.; LETNIK, I.; HACHAM, Y.; DOBREV, P.; BEN-DANIEL, B. H.; VANKOVÁ, R.; MILLER, G. ASCORBATE PEROXIDASE6 protects Arabidopsis desiccating and germinating seeds from stress and mediates cross talk between reactive oxygen species, abscisic acid, and auxin. **Plant physiology**, v. 166, n. 1, p. 370-383, 2014.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae-Caesalpinoideae). **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 941-949, 2006.

SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2010.

ESCOBAR, T. A.; PEDROSO, V. M.; BONOW, R. N.; SCHWENGBER, E. B. Superação de dormência e temperaturas para germinação de sementes de *Acacia caven* (Mol.) Mol. (espínholo). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2 p. 124-130, 2010.

FLORES, A. V.; BORGES, E. E. L.; GUIMARÃES, V. M.; GONÇALVES, J. F. C.; ATAÍDE, G. M.; BARROS, D. P. Atividade enzimática durante a germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott sob diferentes temperaturas. **CERNE**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 401-408, 2014.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S.; FRANÇA, P. R. C.; LIMA, C. R. Umedecimento do substrato e temperatura na germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (All.) A.C. Smith. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 116-122, 2010.

HOLANDA, A. E. R.; MEDEIROS FILHO, S.; DIOGO, I. J. S. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth. Fabaceae). **Gaia Scientia**, v. 9, n. 1, 2015.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 1 Ed. Guanabara Koogan, 472p. 2004.

LI, J.; LI, G.; WANG, H.; WANG DENG, X. Phytochrome Signaling Mechanisms. The Arabidopsis Book / **American Society of Plant Biologists**, v. 9, e0148, 2011.

MEDEIROS, J. X.; GIRLANIO DA SILVA, U. F. C. G.; RAMOS, T.; LUCENA, D.; LÚCIO, A. Efeito de substratos na germinação de sementes de embiratanha (*Pseudobombax marginatum*) e métodos de superação de dormência em sementes de jucá (*Caesalpinia ferrea*). Engenharia Ambiental: **Pesquisa e Tecnologia**, v. 10, n. 3, 2013.

MELLO, L. M.; CANTOS, A. A.; MENEGHELLO, G. E.; SILVA, A. C. S.; VILLELA, F. A. Superação de dormência e influência da temperatura, substrato e fotoperíodo na germinação de sementes de *Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae). **Revista Thema**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 30-37, 2016.

PACHECO, M. V. et al. Germination and vigor of *Dimorphandra mollis* Benth. Seeds under different temperatures and substrates. **Revista Árvore**, v.34, n.2, p.205-213, 2010.

PIRES, R. M. O.; SOUZA, G. A.; DIAS, D. C. F. S.; OLIVEIRA, L. A.; BORGES, E. E. L. Protective action of nitric oxide in sesame seeds submitted to water stress. **J. Seed Sci.**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 350-357, 2016.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do substrato e da temperatura sobre a germinação e vigor de sementes do jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*). Colombo: Embrapa Florestas, 2p. (Embrapa Florestas. (**Comunicado técnico**, 127), 2004.

REGO, S. S.; NOGUEIRA, A. C.; KUNIYOSHI, Y. S.; SANTOS, Á. F. D. Germination of seeds of *Blepharocalyx salicifolius* (HBK) Berg. in different substrates and conditions of temperatures, light and moisture. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 212-220, 2009.

ROSA-MAGRI, M. M.; MENEGHIN, S. P. Avaliação das características germinativas da espécie arbórea sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth-Fabaceae). **Bioikos**, v. 28, n. 1, p. 1-8, 2014.

SCALON, S. D. P. Q.; LIMA, A. A.; SCALON FILHO, H.; VIEIRA, M. C. Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Campomanesia adamantium* Camb.: Efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 96-103, 2009.

VALADARES, J.; PAULA, R. C. Temperaturas para germinação de sementes de *Poecilanthe parviflora* Bentham (Fabaceae - Faboideae). **Rev. bras. sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 164-170, 2008.

WAGNER JÚNIOR, A.; SANTOS, C. E. M.; SILVA, J. O. C.; ALEXANDRE, R. S.; NEGREIROS, J. R. S.; PIMENTEL, L. D.; ÁLVARES, V. S.; BRUCKNER, C. H. Influência do pH da água de embebição das sementes e do substrato na germinação e desenvolvimento inicial do Maracujazeiro doce. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 02, p. 231-236, 2006.

EFEITOS DE SUBSTRATOS, DA LUZ E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Ormosia coarctata* JACKS.

Resumo

O estudo da germinação de sementes é imprescindível para sua utilização, uma vez que elas são fundamentais para a conservação da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas, bem como em plantios diversos. O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes substratos, temperaturas e luz, e suas interações, na germinação de *O. coarctata*. As sementes foram coletadas no município de Alta Floresta, MT, e submetidas a um pré-teste de quebra de dormência com escarificação mecânica e escarificação química. O experimento foi realizado em duas etapas: na primeira foram avaliados os substratos e na segunda, os regimes de luz e de temperatura. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial. As médias de germinação e do índice de velocidade de germinação foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Os melhores resultados de substratos para a espécie foram a areia e o rolo de papel, a temperatura ótima se encontra na faixa de 25 a 35°C, e a germinação das sementes ocorre tanto na presença quanto na ausência de luz, classificada como fotoblástica neutra.

Palavras-chave: Sementes florestais, conservação e tento mulungu.

**EFFECTS OF SUBSTRATES, LIGTH AND TEMPERATURA IN SEED
GERMINATION OF *Ormosia coarctata*.**

Abstract:

The study of seed germination is essential for use them, since they are necessary for the conservation of biodiversity, recovery of degraded areas, as well as use in diverse plantations. This study aim to evaluate different substrates, temperatures and lighth, and their interactions in the germination of *O. coarctata*. The seeds were collected at Alta Floresta city, Mato Grosso (MT), and submitted to a pre test of dormancy breaking with mechanical and chemical scarification. The experimete were schedue in two stages. The experimete was set up in a completaly randomized design, with the treatments distribuied in factorial. The rates of germination and germination rate index average were compared by Tukey's test ($\alpha = 0,05$). The best substrate for this species were sand and papel roll. The optimum temperature was in the range of 25 to 35 °C, that were classified as neutral photoblast.

Keywords: Forest seeds, conservation and tento mulungu.

INTRODUÇÃO

Ormosia coarctata Jacks é uma espécie pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, conhecida popularmente no Brasil como tento mulungu ou olho de cabra. Possui folhas compostas, alternas, imparipinadas, e pilosidade cor de ferrugem nos ramos e frutos. Suas sementes têm coloração preta e vermelha e são utilizadas para confecção de artesanatos. Segundo Robert et al. (2004), a espécie é utilizada pelos povos tradicionais do Suriname, para fins medicinais e espirituais. No Brasil ocorre nos estados do Amazonas, Pará, Roraima e Mato Grosso, sendo também encontrada em países como Guiana, Guiana Francesa, Bolívia, Venezuela, Suriname e Colômbia (CAMPOS FILHO e SARTORLLI, 2015). É uma espécie em potencial para projetos de restauração ecológica (ISERNHAGEN, 2015), sistemas agroflorestais (COSTA et al., 2016) e na fixação biológica de nitrogênio (HOLANDA e SOUZA, 2011).

Nos últimos anos, no Brasil, principalmente devido aos incentivos à recuperação de áreas degradadas e à recomposição de matas ciliares, tornou-se necessário conhecer os processos que envolvem a germinação de sementes florestais (RÊGO e POSSAMAI, 2004). O conhecimento desses processos é imprescindível para a utilização dessas sementes, uma vez que elas são fundamentais para a conservação da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas, e para plantios diversos.

A germinação é um evento bioquímico e fisiológico que se inicia com a absorção de água pelas sementes, resultando na ativação do metabolismo. Após a ocorrência desses eventos, a germinação dependerá da qualidade das sementes e de fatores intrínsecos e extrínsecos, entre os fatores extrínsecos destacam-se a temperatura, a luz e o substrato. Um dos meios utilizados para avaliação da qualidade fisiológica de sementes é o teste de germinação, realizado sob condições ideais de temperatura, substratos e luz para cada espécie (ATAIDE et al., 2016).

Embora exista grande diversidade de espécies no País, o conhecimento das condições ideais para germinação da maioria das sementes florestais é escasso. Poucas espécies florestais estão incluídas nas Regras de Análise de Sementes (RAS), instituídas pelo Ministério da Agricultura. Cada espécie apresenta respostas diferenciadas, que podem estar ligadas a agentes patogênicos, ao volume de água, à luz, à temperatura, ao oxigênio e aos diferentes tipos de dormência (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A temperatura é conhecida por influenciar a porcentagem de germinação e a velocidade em que as reações metabólicas ocorrem em nível celular. Ela atua nas reações bioquímicas que regulam o metabolismo por meio de modificações estruturais das moléculas, em especial proteínas e lipídeos (BEWLEY et al., 2013).

A temperatura ideal para as sementes atingirem seu máximo poder germinativo varia de acordo com a espécie. A maioria das espécies florestais tropicais exige uma faixa de temperatura de 20 a 30°C (BORGES e RENA, 1993).

Algumas espécies requerem regime de temperatura constante e outras temperaturas alternadas. Em temperatura constante de 30°C, os melhores resultados foram obtidos para as espécies de *Acacia caven* (Mol.) Mol. (ESCOBAR et al., 2010), *Amburana cearenses* (All.) A.C. Smith (GUEDES et al., 2010) e *Erythrina crista-galli* L. (MELLO et al., 2016). Em temperaturas alternadas de 25 a 30°C os melhores resultados foram para as sementes de *Poecilanthe parviflora* Benth. (VALADARES; PAULA, 2008); de 30 a 35°C para *Dimorphandra mollis* Benth. (PACHECO et al., 2010); e de 20 a 30°C para *Clitoria fairchildiana* R.A.Howard. (ALVES et al., 2013). Portanto, a resposta germinativa das espécies para diferentes regimes de temperatura está diretamente relacionada com as condições em que são expostas em habitat natural (ALBUQUERQUE et al., 2003).

A luz controla o desenvolvimento das plantas por meio de um complexo sistema de fotorreceptores (LI et al., 2011). Espécies diferentes possuem respostas germinativas de diferentes magnitudes de intensidade luminosa, portanto a resposta à luz dependerá da fluência luminosa, da quantidade e da qualidade de luz inserida no processo (KHURAMA SINGH, 2001 e REBOUÇAS e SANTOS, 2007). Existem espécies que germinam apenas na presença da luz, outras na ausência e aquelas que germinam independentemente de sua presença ou ausência. Sementes de *Platymiscium floribundum* VOG. possuem maiores taxas de germinação na presença de luz (ALVES et al., 2016), enquanto as de *Bowdichia virgilioides* Kunth. germinam na ausência de luz (ROSA-MAGRI; MENECHIN, 2014) e as de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. germinam tanto na presença como na ausência de luz (HOLANDA et al., 2015).

O substrato, por sua vez, está relacionado com a condução dos testes de germinação (CETNARSKI FILHO e CARVALHO, 2009). Os substratos influenciam o processo de embebição das sementes, o potencial hídrico e a capacidade de condução térmica (WAGNER JÚNIOR et al., 2006), além de oferecer suporte físico às sementes e proporcionar condições adequadas para o processo germinativo (FIGLIOLIA et al.,

1993). Na escolha do substrato deve-se levar em consideração o formato e o tamanho da semente (BRASIL, 2009). Espécies diferentes têm respostas diferenciadas para cada tipo de substrato, pois as características inerentes aos dois componentes deverão ser levadas em consideração. Os substratos areia e rolo de papel são os mais apropriados para as sementes de *Amburana cearenses* (GUEDES et al., 2009), o substrato vermiculita para *Parkia platycephala* (SILVA et al., 2017), o substrato areia para *Ormosia arborea* (OLIVEIRA et al., 2016) e o substrato entre papel para *Erythrina crista-galli* L. (MELO et al., 2016).

Na literatura científica e nas Regras para Análise de Sementes não foram encontradas recomendações de uso para substratos, luz e temperaturas em testes laboratoriais com a espécie. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes substratos, temperaturas e luz, e suas interações, na germinação de *O. coarctata*, visando gerar informações que expressem a qualidade fisiológica das sementes, tanto para sua preservação como para sua utilização para os variados interesses.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes Florestais (LASF) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 30 dias, em duas etapas.

As sementes foram coletadas em novembro de 2015, no município de Alta Floresta, MT. Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima da região é “Aw”, considerado tropical quente úmido, com temperaturas médias elevadas de 23 e 26°C, podendo atingir temperaturas superiores a 40 °C (CAIRES e CASTRO, 2002). A vegetação que predomina no município é do tipo Floresta Ombrófila Aberta Tropical (OLIVEIRA, 2006).

Após a coleta, as sementes foram embaladas, enviadas ao laboratório e selecionadas. Posteriormente foram acondicionadas em tambores de fibra e armazenadas em câmara fria a 5 °C e 60% UR, por sete meses, quando se iniciaram os testes.

Primeiramente as sementes foram submetidas a um pré-teste de quebra de dormência, sendo esta realizada com escarificação mecânica, na região oposta ao hilo, e escarificação química com ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄), durante 45 minutos, sob agitação constante.

Na primeira etapa foram utilizadas as temperaturas de 15, 25, 30, 35 e 40 °C, nos substratos entre papel, areia e em rolo de papel. O substrato areia foi previamente

esterilizado em autoclave por duas horas, à temperatura de 120 °C. Os experimentos com o substrato areia foram conduzidos em caixas gerbox e os entre papel, em placas de Petri.

A segunda etapa consistiu em colocar as sementes, já superada a dormência, em dois regimes de luz: sob luz constante, proporcionada por quatro lâmpadas de 40W, e sob escuro contínuo, nas temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, em germinadores, no substrato rolo de papel. No tratamento escuro, as sementes foram mantidas em dois sacos de polietileno preto. A avaliação desse tratamento foi realizada sob luz verde.

O monitoramento da germinação foi feito diariamente, sendo consideradas sementes germinadas aquelas com protrusão radicular. Os dados obtidos foram utilizados para o cálculo da porcentagem de germinação (%G) e do índice de velocidade de germinação (IVG), segundo Maguire (1962).

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial. A primeira etapa com os tratamentos distribuídos em arranjo 5 x 3 (cinco temperaturas e três substratos), e a segunda etapa com arranjo 6 x 2 (seis temperaturas e dois tipos de luz). Para cada tratamento foram utilizadas 100 sementes, distribuídas em cinco repetições de 20. As médias de germinação e o índice de velocidade de germinação foram comparadas por meio de teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Os dados foram analisados em software R, versão 3.4.1 (R Core Team, 2017), com o auxílio do pacote ExpDes, versão 1.1.2 (FERREIRA et al., 2013).

RESULTADOS

Não houve interação significativa entre as temperaturas e os substratos testados. As maiores médias de germinação de sementes de *O.coactata* ocorreram nas temperaturas de 25, 30 e 35°C, nos substratos areia e rolo de papel. Constatou-se que esses não diferiram significativamente ($p < 0,05$). Para o substrato entre papel, os resultados foram significativamente inferiores aos dos demais, em todas as temperaturas.

Comparando as médias do IVG nos experimentos em areia e em rolo de papel, percebe-se que o primeiro apresentou valores superiores aos do segundo, mesmo que estatisticamente iguais. O IVG para o substrato papel foi menor em todas as temperaturas (Tabela 1).

Tabela 1: Valores médios de germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *O.coarctata* em função de diferentes temperaturas e substratos.

Tratamentos	Germinação (%)			IVG		
	25°C	30°C	35°C	25°C	30°C	35°C
Rolo de papel	83,0 a	85,0 a	80,0 a	1,56 b	2,01 a	2,10 b
Areia	81,0 a	86,0 a	87,0 a	1,81 a	2,20 a	2,41 a
Germitest	45,0 b	40,0 b	67,0 b	0,73 c	0,60 b	1,38 c

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Analisando a temperatura como um fator isolado, constatou-se que as maiores médias de germinação foram obtidas a 25, 30 e 35°C (Figura 1a). Embora sem diferença entre as médias, o IVG foi superior nas temperaturas 30 e 35 °C (Figura 2b). Na temperatura 15°C não foi observada germinação até o período final de condução do experimento. Constatou-se que as sementes submetidas a 40°C encontravam-se em estado de deterioração no quarto dia.

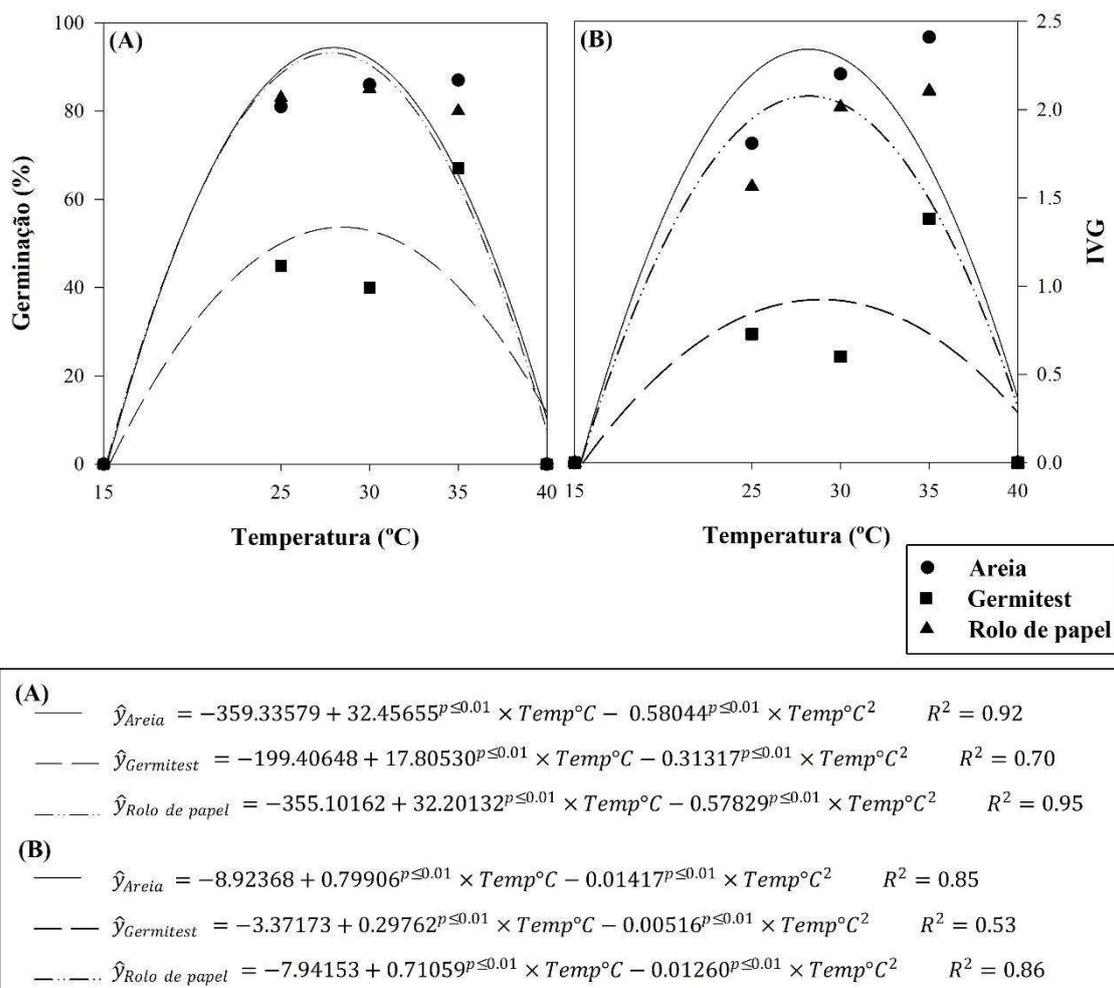


Figura 1 - Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de *Ormosia coarctata* em diferentes temperaturas e substratos.

Ao comparar a porcentagem de germinação com o índice de velocidade de germinação, verificou-se que as maiores taxas de germinação ocorreram nos tratamentos no claro e que o IVG diminuiu nas temperaturas mais baixas. Nas temperaturas de 30 e 35 °C, o IVG não mostrou diferença estatística significativa para claro e escuro (Tabela 2).

Tabela 2 - Dados médios obtidos para porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de *O.coarctata* em função das temperaturas na presença e ausência de luz.

Tratamentos	Germinação (%)				IVG			
	20°C	25°C	30°C	35°C	20°C	25°C	30°C	35°C
Claro	53,0 b	83,0 a	85,0 a	80,0 b	0,74 b	1,56 a	2,01a	2,10 a
Escuro	65,0 a	75,0 b	82,0 a	88,0 a	1,13 a	1,46 b	1,94 a	2,25 a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A análise de regressão indicou efeito quadrático nas diferentes temperaturas em condições de claro e escuro. As temperaturas ótimas teóricas foram 27,8 e 27,9 °C respectivamente, bastante próximas aos resultados observados (Figura 2).

Para a temperatura de 15 °C não houve germinação durante o período de observação em condições de claro e escuro (Figura 2). A temperatura 30 °C promoveu maior porcentagem de germinação na presença de luz (85%), enquanto na ausência de luz a maior porcentagem ocorreu a 35 °C (88%), porém não foi observada diferença estatística entre ambas. Sob luz, a temperatura 20 °C apresentou a menor porcentagem de germinação (53%), no entanto não mostrou diferença significativa em relação ao escuro. Já na temperatura de 40 °C, não houve germinação

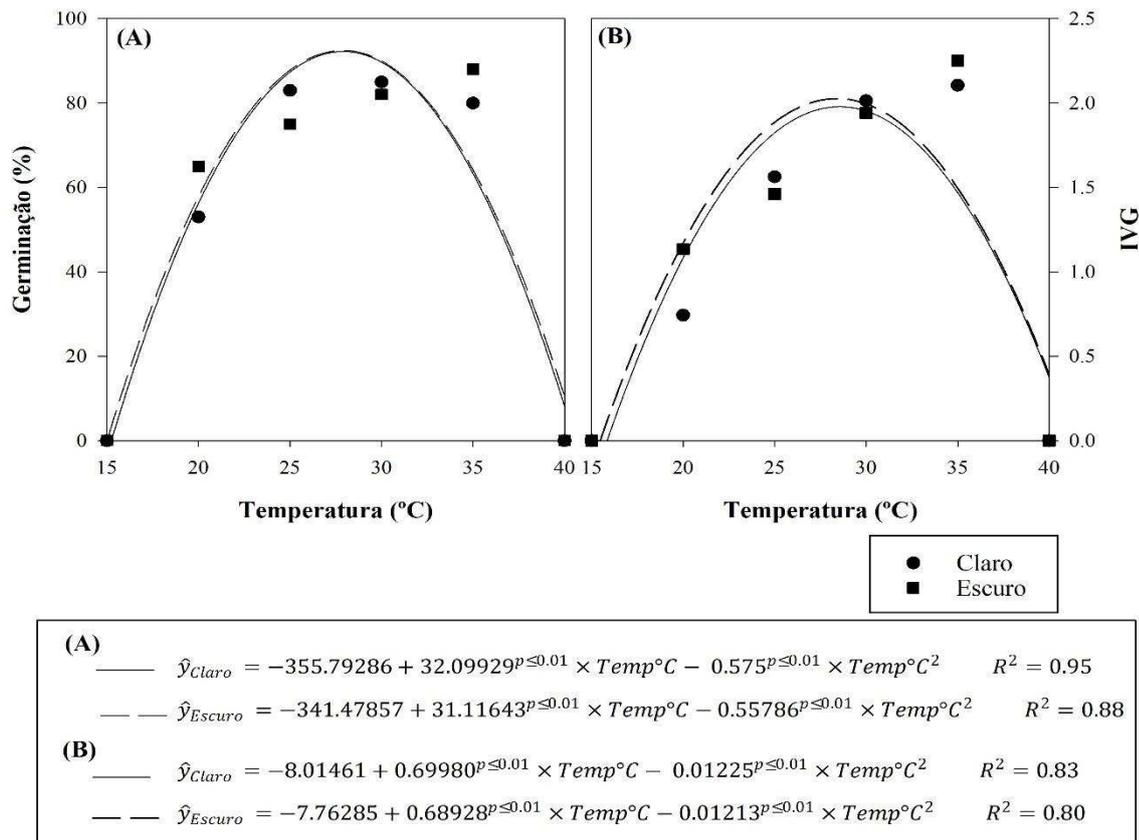


Figura 2: Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de *Ormosia coarctata* em diferentes temperaturas na presença e ausência de luz.

DISCUSSÃO

A areia e o rolo de papel resultaram em maiores valores de germinação e IVG, comparados ao substrato papel, o que evidencia que a maior área de contato com as sementes de *O.coarctata* afetou a maior absorção de água. A menor área de contato das sementes com o substrato resultaria em maior taxa de perda de água em relação à velocidade de absorção. Nesse sentido, os substratos rolo de papel e areia foram os que melhor atenderam às expectativas para a espécie *O.coarctata*, uma vez que a manutenção da umidade foi praticamente constante durante todo o teste de germinação.

Flores et al. (2014) constataram que o rolo de papel proporcionou maiores porcentagem e velocidade de germinação em sementes de *Melanoxylon brauna*. Os substratos areia e, ou, rolo de papel também apresentaram resultados positivos para sementes de *Inga laurina* (BARROZO et al., 2014), *Eugenia involucrata* e *Eugenia pyriformis* (GOMES et al., 2016) e *Enterolobium contortisiliquum* (GOMES et al., 2016).

O substrato papel mostrou-se desfavorável para a germinação, afetando seus valores de %G e IVG, provavelmente devido à menor área de contato da semente com o substrato e à desidratação excessiva e desigual.

A temperatura ideal de germinação é aquela que possibilita maior número de sementes germinadas em menor período de tempo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). As maiores médias de germinação de sementes de *O. coarctata* foram verificadas nas temperaturas 25, 30 e 35°C. A faixa de temperatura ideal para a germinação da *O. coarctata* coincidiu com o ambiente ecológico onde ela foi coletada. Essas médias são similares às apresentadas para sementes de *Ormosia arborea* (OLIVEIRA et al., 2016). Segundo esses autores, a faixa de 25 a 35°C é ótima para a espécie. O desempenho da germinação em determinada faixa de temperatura reflete adaptação à origem ecológica das espécies, o que em sementes florestais pode variar conforme o grupo sucessional, o bioma e a adaptação fisiológica às condições ambientais dos locais de ocorrência (SENTO, 1971; WOOD e PRICHARD, 2003). O aumento da temperatura resulta no aumento da velocidade das reações bioquímicas que ocorrem nas sementes, havendo limites específicos para essa progressão de velocidade (FLORES et al., 2014).

A temperatura ideal de germinação geralmente varia dentro da faixa de temperatura encontrada no local e na época ideal para a emergência e o estabelecimento das plântulas (RAMOS e VARELA, 2003). Baixas temperaturas podem atrasar ou inibir a germinação das sementes de várias espécies (NASCIMENTO e LIMA 2008). A embebição pode ocorrer, porém acarretará atrasos no crescimento do embrião, ou, ainda, os danos pela baixa temperatura poderão impedir a conclusão da germinação (MATHEUS e LOPES, 2009).

Sinais de deterioração foram constatados nas sementes expostas à temperatura de 40°C, o que não ocorreu a 15 °C. A germinação é mais lenta sob baixas temperaturas, uma vez que a intensidade de respiração e as reações metabólicas são menores (GUTIÉRREZ e MINELLI, 1990). Deteriorações durante a germinação estão relacionadas às alterações bioquímicas e fisiológicas, como danos ao sistema de membranas (GUAN et al., 2009). Matos et al. (2014) verificaram que na temperatura de 40 °C houve desnaturação de enzimas em sementes de *Dalbergia nigra* e produção de substâncias reativas de oxigênio. Em sementes de *Melanoxylon brauna*, as atividades das enzimas superóxido dismutase e catalase apresentaram maiores alterações ao longo da germinação a 15 e 40 °C, o que indica que temperaturas estressantes provocam danos oxidativos na espécie (FLORES et al., 2014).

As sementes podem reagir aos diferentes aspectos da luz, como a direção, a duração, a quantidade e o comprimento de onda, em que fotorreceptores interpretam e transduzem sinais de luz, por meio de diferentes vias de sinalização intracelular (LI et al., 2011). Os resultados demonstraram que as sementes de *O.coarctata* se comportam como fotoblásticas neutras e que elas podem germinar tanto na presença quanto na ausência de luz. Esse comportamento foi observado para outras espécies da família Fabaceae, como *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke (NOGUEIRA et al., 2012) e *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (HOLANDA et al., 2015).

Muitas espécies tropicais ocorrem em habitats perturbados, onde a vegetação natural foi destruída em diferentes proporções (LEITE e TAKAKI, 2001). Provavelmente o fotoblastismo neutro das sementes de *O. coarctata* se deve à adaptação da espécie a diversas condições ambientais.

As interações entre luz e temperatura são importantes para compreensão do estado ecofisiológico das sementes de *O. coarctata*. Para a espécie, a porcentagem e a velocidade de germinação parecem ser mais influenciadas pela temperatura do que pela condição de claro e escuro. Embora a literatura científica relate a contribuição da luz e da temperatura na germinação, a caracterização da percepção da temperatura e a sinalização ainda são escassas (FRANKLIN et al., 2014).

Borthwick *et al.* (1952) constataram, em seu estudo com *Lactuca sativa*, que a eficácia dos pulsos de luz dependia da temperatura. Temperaturas baixas e luz promoveram a germinação de sementes de arábido por meio da expressão dos genes dos fitocromos phyA e phyB, com uma função adicional proposta para phyE (HENNIG et al., 2002). A germinação em mutantes de genes do fitocromo em arábido depende da temperatura, o que indica a capacidade do fitocromo de responder à luz e à temperatura durante a germinação (HESCHEL et al., 2007). Os autores verificaram, ainda, que o phyA contribui para a germinação, principalmente em temperaturas quentes, phyE em temperaturas frias e phyB em ampla gama de temperatura.

CONCLUSÕES

Os melhores resultados para a condução da germinação de *O.coarctata* foram obtidos com os substratos areia e rolo de papel. As temperaturas de germinação para a espécie variaram de 20 a 35 °C, com faixa ótima de temperatura entre 25 e 35°C.

As sementes de *O.coarctata* germinaram tanto na presença quanto na ausência de luz, comportando-se como fotoblásticas neutras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, M. V.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (vell.) morong). **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1019-1026, 2012.

ALBUQUERQUE, M. C. F.; COELHO, M. F. B.; ALBRECHT, J. M. F. Germinação de sementes de espécies medicinais do Cerrado. In: COELHO, M. F. B. et al. **Diversos olhares em etnobiologia, etnoecologia e plantas medicinais**. Cuiabá: UNICEN Publicações, p. 157-181, 2003.

ALVES, E.U.; ALVES, M.M.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, K.R.G.; BARROZO, L.M.; SANTOS-MOURA, S.S.; CARDOSO, E.A. Germinação e vigor de sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae) em função da coloração do tegumento e temperaturas. **Bioscience Journal**, v.29, n.1, p.216-223, 2013.

ALVES, M. M.; ALVES, E.U.; DOS SANTOS LIMA, M. D. L.; RODRIGUES, C. M.; DA SILVA, B. F. Germinação de sementes *Platymiscium floribundum* VOG.(FABACEAE) sob a influência da luz e temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 971-978, 2016.

ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro – *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, 16(1):34-40, 1994.

ATAIDE, G. M.; BORGES, E. E. L.; LEITE FILHO, A. T. Alterações fisiológicas e biométricas em sementes de *Melanoxylon brauna* Schott durante a germinação em diferentes temperaturas1. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 61-70. 2016.

BARROZO, L. M.; ALVES, E. U.; SILVA, R. S.; ANJOS NETO, A.P.; SANTOS, M. D. M. S.; SILVA, B. F. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Inga laurina* (Sw.) **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, 2013.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 392p., 2013.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p. 83-136, 1993.

BORTHWICK, H. A.; HENDRICKS S. B.; PARKER M. W.; TOOLE E. H.; TOOLE V. K. **A reversible photoreaction controlling seed germination**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 38, 662–666, 1952.

BRANCALION, P. H. S; NOVENBRE, A. D. L. C; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Rev. bras. sementes**, Londrina , v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CAIRES, M. S.; CASTRO, J. G. D. Levantamento dos agrotóxicos usados por produtores rurais do município de Alta Floresta Mato Grosso. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 2, n. 1, 2002.

CAMPOS FILHO, E. M.; SARTORELLI, P. A. R. Guia de identificação de espécies-chave para restauração florestal na região de Altos Teles Pires Mato Grosso. São Paulo: The nature conservancy, 248p. 2015.

CARNEIRO, J. W. P.; GUEDES, T. A. Influência do contato das sementes de Stevia (*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni.) no substrato avaliada pela função da Weibull. **Revista Brasileira de Sementes**, v.4, n.1, p.65-68, 1992.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Germinação de sementes**. In: CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, p.128-166, 2000.

CETNARSKI FILHO, R.; CARVALHO, R. I. N. Massa da amostra, substrato e temperatura para teste de germinação de sementes de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 257-265, 2009.

CHENG, M. C; LIAO, P. M; KUO, W. W; LIN, T.P. The Arabidopsis ethylene response factor regulates abiotic stress-responsive gene expression by binding to different cis-acting elements in response to different stress signals. **Plant Physiology** 162:1566-1582, 2013.

COSTA, P. F. C.; OLIVAL, A.; ARANTES, V. T. Caracterização de sistemas agroflorestais (safs) implantados com “muvuca” de sementes na região norte do estado do mato grosso. In: X Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais, Cuiabá. Anais. Cuiabá: UFMT, p. 1-3, 2016.

ESCOBAR, T. A.; PEDROSO, V. M.; BONOW, R. N.; SCHWENGBER, E. B. Superação de dormência e temperaturas para germinação de sementes de *Acacia caven* (Mol.) Mol. (espínho). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2 p. 124-130, 2010.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., NOGUEIRA, D. A. ExpDes: Experimental Designs package. R package version 1.1.2. 2013.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). Sementes florestais tropicais. Brasília: **ABRANTES**. p. 137-174, 1993.

FLORES, A.V.; BORGES, E. E. L.; GUIMARÃES, V. M.; GONÇALVES, J. F. C.; ATAÍDE, C. M.; BARROS, D. P. Atividade enzimática durante a germinação de

sementes de *Melanoxylon brauna* Schott sob diferentes temperaturas. *Cerne*, v.20, n.2, p.401-408, 2014.

FRANKLIN, K. A.; TOLEDO-ORTIZ, G.; PYOTT, D. E., HALLIDAY, K. J. Interaction of light and temperature signalling. *J Exp Bot*; 65 (11): 2859-2871, 2014.

GOMES, J. P.; OLIVEIRA, L. M.; FERREIRA, P. I.; BATISTA, F. Substratos e temperaturas para teste de germinação em sementes de myrtaceae. *Ciência Florestal* (UFSM. Impresso), v. 26, p. 285-293, 2016.

GOMES, J. P; OLIVEIRA, L. M; FERREIRA, P. I; BATISTA, F. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (vell.) morong). *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1019-1026, 2012.

GUAN, Y. HU, J.; WANG, X.; SHAO, C. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University*, v.10, n.6, p.427-433, 2009.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S.; FRANÇA, P. R. C.; LIMA, C. R. Umedecimento do substrato e temperatura na germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (All.) A.C. Smith. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 32, n. 3, p. 116-122, 2010.

GUTIÉRREZ, O. J. G.; MINELLI, M. **La producción de semillas**. Managua: Imprenta Uca, 210p, 1990.

HENNIG, L; STODDART, W. M; DIETERLE, M; WHITELAM, G. C; SCHÄFER, E. Phytochrome e Controls Light-Induced Germination of Arabidopsis. *Plant Physiology*, 128(1), 194–200, 2002.

HESCHEL, M. S; SELBY, J; BUTLER, C; WHITELAM, G. C; SHARROCK, R. A; DONOHUE, K. A new role for phytochromes in temperature-dependent germination. *New Phytologist*, 174: 735–741, 2007.

HOLANDA, A. E. R; MEDEIROS FILHO, S.; DIOGO, I. J. S. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth. Fabaceae). *Gaia Scientia*, v. 9, n. 1, 2015.

HOLANDA, M. M.; SOUZA, L. A. G. Avaliação da viabilidade das estirpes de rizóbios da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo do INPA-CPCA. In: XX Jornada de Iniciação Científica, 2011, Manaus. *Anais*. XX Jornada de Iniciação Científica do INPA - PIBIC/PAIC, 2011.

ISERNNHAGEM, I. **Listagem florística de espécies arbóreas e arbustivas de Mato Grosso: um ponto de partida para projetos de restauração ecológica**. Sinop: Embrapa Agressilvipastoril. Organização geral e prefácio Ingo Isernhagen. Sinop: Embrapa. 166 p., 2015 (Volume Série Documentos).

KADER, M. A.; JUTZI, S. C. Temperature, osmotic pressure and seed treatments influence imbibition rates in sorghum seeds. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.188, p. 286-290, 2002.

KHURANA, E.; SINGH, J. S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 1, p.39-52, 2001.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economica,. 478 p, 1948.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **ABRATES**. 218p, 1999.

KUMAR, B. VERMA, S. K.; SINGH, H. P. Effect of temperature on seed germination parameters in Kalmegh (*Andrographis paniculata* Wall. Ex Nees.). **Industrial Crops and Products**, v.34, p.1241-1244, 2011.

LEITE, I. T. A.; TAKAKI, M. Phytochrome and temperature control of seed germination in *Muntingia calabura* L. (Elaeocarpaceae). **Braz. arch. biol. technol.**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 297-302, 2001.

LI, J.; LI, G.; WANG, H.; WANG DENG, X. Phytochrome Signaling Mechanisms. **The Arabidopsis Book / American Society of Plant Biologists**, 9, e0148, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Temperaturas cardinais para a germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 03, p. 115-122, 2009.

MATOS, A. C. B.; BORGES, E. E. L.; SEKITA, M. C. Production of reactive oxygen species in *Dalbergia nigra* seeds under thermal stress. **Journal Seed Science**, v.36, n.3, p.282-289, 2014.

MAYER, A.C.; POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. London: **Pergamon Press**, 270p, 1989.

MELLO, L. M.; CANTOS, A. A.; MENEGHELLO, G. E.; SILVA, A. C. S.; VILLELA, F. A. Superação de dormência e influência da temperatura, substrato e fotoperíodo na germinação de sementes de *Erythrina crista-galli* L. (FABACEAE). **Revista Thema**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 30-37, nov. 2016.

MENGARDA, L. H. G.; LOPES, J. C. A.; RODRIGO, S. A.; ZANOTTI, R. F.; MANHONE, P. R. Alternating temperature and accelerated aging in mobilization of reserves during germination of *Carica papaya* L. seeds. **Journal of Seed Science**, v.37, n.1, p.16-25, 2015.

NASCIMENTO, W. M.; LIMA, L. B. Condicionamento osmótico de sementes de berinjeleira visando a germinação sob temperaturas baixas. **Rev. bras. sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 224-227, 2008.

NOGUEIRA F. C.B.; SILVA, J. W. L.; BEZERRA, A. M. E.; FILHO, S. M. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, 26(4):772-778, 2012.

OLIVEIRA JR., R. S.; DELISTOIANOV, F. Profundidade de semeadura e métodos de quebra de dormência afetando a germinação e a emergência de *Desmodium purpureum* (Mill.) Fawc. et Rend. (Leguminosae-Papilionoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.19, p.221-225, 1996.

OLIVEIRA, A. K. M.; SOUZA, J. S.; CARVALHO, J. M. B.; SOUZA, S. A.; BOCCHESI, R. A.. Germinação de sementes e crescimento de *Ormosia arborea* em diferentes temperaturas e substratos. **Gaia Scientia** (UFPB), v. 10, p. 1, 2016.

OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C.; FIGLIOLIA, M. B. Propostas para a padronização de metodologias em análise de sementes florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 11, n. 1-3, p. 1-42, 1996.

ORZARI, I.; MONQUERO, P. A.; REIS, F. C.; SABBAG, R. S.; HIRATA, A. C. S. Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de semeadura. **Planta Daninha**, v.31, n.1, p.53-61, 2013.

PACHECO, M. V. et al. Germination and vigor of *Dimorphandra mollis* Benth. Seeds under different temperatures and substrates. **Revista Árvore**, v.34, n.2, p.205-213, 2010.

PASSOS, M. A. A.; SILVA, F. J. B. C.; SILVA, E. C. A.; PESSOA, M. M. L.; SANTOS, R. C. Luz, substrato e temperatura na germinação de sementes de cedro-vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.2, p.281-284, 2008.

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P. Efeito da temperatura e do substrato sobre a germinação de sementes de visgueiro do igapó (*Parkia discolor* Benth) Leguminosae, Mimosoideae. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 39, p. 123-133, 2003.

REBOUCAS, A. C. M. N.; SANTOS, D. L. Influência do Fotoperíodo e Qualidade de Luz na Germinação de Sementes de *Melocactus conoideus* (Cactaceae). **Revista Brasileira de Biociências** 5: 900-902, 2007.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. **Efeito do substrato e da temperatura sobre a germinação e vigor de sementes do jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2p. (Embrapa Florestas. (Comunicado técnico, 127), 2004.

ROBERT A.; DEFILIPPS, S. L.; MAINA, J. C.; Medicinal Plants of the Guianas (Guyana, Surinam, French Guiana), **Publishe Smithsonian Museum**, 2004.

ROSA-MAGRI, M. M.; MENEGHIN, S. P. Avaliação das características germinativas da espécie arbórea sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth-Fabaceae). **Bioikos**, v. 28, n. 1, p. 1-8, 2014.

SANTOS NETO, A. L.; MEDEIROS FILHO, S.; TEOFILO, E. M.; GUIMARÃES, R. M.; BLANK, A. F.; SILVA-MANN, R. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de sambacaitá (*Hyptis pectinata* (L.) Poit). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.14, n.4, p.19- 26,2008.

SENTO, T. Studies on the germination of seed of the palms. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 40, 255-261, 1971.

SIKDER, S; HASAN, M. A; HOSSAIN, M. S. Germination Characteristics and Mobilization of Seed Reserves in Maize Varieties as Influenced by Temperature Regimes. **Journal of Agriculture & Rural Development**, [S.l.], p. 51-58, 2010.

SILVA, R. B.; MATOS, V. P.; DE FARIAS, S. G.; SENA, L. H. M.; SILVA, Y. B. O. Germinação e vigor de plântulas de *Parkia platycephala* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 142, 2017.

SPIERTZ, J. H. J. · HAMER, R. J. · XU, H. PRIMO-MARTIN, C. · DON, C. · PUTTEN, P. E. L. VAN, D. E. R. Heat stress in wheat *Triticum aestivum* (L.): effects on grain growth and quality traits. **European Journal of Agronomy**, v.25, n.1, p.89-95, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed. 819p, 2009.

VALADARES, J.; PAULA, R. C. Temperaturas para germinação de sementes de *Poecilanthe parviflora* Benth (Fabaceae - Faboideae). **Rev. bras. sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 164-170, 2008.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. **Oecologia**, v_83 p. 171 175, 1990.

VIDAVER, W. Light and seed germination. In *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination* (KHAN, A.A., ed.). New York: **North-Holland Publishing Company**, p.181-192, 1980.

WAGNER JÚNIOR, A.; SANTOS, C. E. M.; SILVA, J. O. C.; ALEXANDRE, R. S.; NEGREIROS, J. R. S.; PIMENTEL, L. D.; ÁLVARES, V. S.; BRUCKNER, C. H. Influência do pH da água de embebição das sementes e do substrato na germinação e desenvolvimento inicial do Maracujazeiro doce. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 12, n. 02, p. 231-236, 2006.

WOOD, C. B., PRICHARD, H. W. Germination characteristics of fresh and dried *Hyophorbe lagenicaulis* seeds. **Palms**. 47, 45-50, 2003.

YAMAGUCHI, S.; KAMIYA Y. Gibberellin biosynthesis: Its regulation by endogenous and environmental signals. **Plant Cell Physiology** 41: 251–257, 2000.

ALTERAÇÕES NAS RESERVAS DE SEMENTES DE *Ormosia coarctata* JACKS. DURANTE A GERMINAÇÃO EM DIFERENTES TEMPERATURAS

RESUMO

As sementes têm aumento na taxa de desidratação ao final da fase de maturação, conseqüentemente seu metabolismo celular decresce. Estando sob baixos conteúdos de água, a semente necessitará da reabsorção para que seu metabolismo seja reativado. Dentre os fatores ambientais que influenciam a germinação destaca-se a temperatura, uma vez que ela afeta a velocidade e a porcentagem de germinação e os processos de hidratação e mobilização de reservas. O objetivo foi investigar as alterações de reservas de carboidrato, lipídeo e proteína nos cotilédones de sementes de *Ormosia coarctata*, em diferentes temperaturas. O teor de água das sementes durante a germinação foi estabelecido a partir da curva de embebição, nas temperaturas constantes de 15, 25, 30, 35 e 40 °C, sendo retiradas amostras de sementes a cada 48 horas, para quantificação das reservas de lipídeos, açúcares solúveis, monossacarídeos, amido e proteínas solúveis. As taxas de absorção de água aumentaram significativamente em todas as temperaturas. As sementes quiescentes de *O.coarctata* apresentaram cerca de 8,2% de lipídeos, tendo os teores diferido estatisticamente durante os períodos de embebição em todas as temperaturas. As reservas de açúcares solúveis decresceram ao longo dos períodos de embebição. O teor de proteína total apresentou valor inicial médio de 16,58%. As alterações nas reservas de carboidratos, lipídeos e proteínas apresentaram decréscimos em todas as temperaturas. Nas temperaturas de 25, 30 e 35°C a mobilização de açúcares solúveis, xilose e galactose apresentou padrões semelhantes. A 15 e 40 °C, acima e abaixo da faixa ótima de germinação para a espécie de *Ormosia coarctata*, foram detectados teores de glicose, o que não foi observado nas demais temperaturas.

Palavras-chave: mobilização de reservas, hidratação, lipídeos, carboidratos, amido, proteínas

CHANGES IN SEED RESERVES OF *Ormosia coarctata* JACKS. DURING GERMINATION AT DIFFERENT TEMPERATURES

ABSTRACT

The seeds have increased dehydration rate at the end of the maturation phase, consequently their cellular metabolism decreases. Being under low water contents, the seed will need reabsorption in order for its metabolism to be reactivated. Among the environmental factors that influence germination, the temperature is highlighted, since it affects the speed and percentage of germination and the processes of hydration and mobilization of reserves. The objective investigate the alterations of carbohydrate, lipid and protein reserves in cotyledons of *Ormosia coarctata* seeds at different temperatures. The water content of the seeds during germination was established from the imbibition curve, at constant temperatures of 15, 25, 30, 35 and 40 ° C, being seed samples taken every 48 hours, for quantification of lipid, soluble sugars, monosaccharides, starch and soluble proteins. Water absorption rates increased significantly at all temperatures. The quiescent seeds of *O. coarctata* had about 8.2% of lipids, and the contents differed statistically during the soaking periods at all temperatures. The reserves of soluble sugars decreased during the periods of imbibition. The total protein content presented a mean initial value of 16.58%. Changes in carbohydrate, lipid and protein reserves declined at all temperatures. At temperatures of 25, 30 and 35 ° C the mobilization of soluble sugars, xylose and galactose had similar patterns. At 15 and 40 ° C, above and below the optimum germination range for the *O. coarctata* species, glucose levels were detected, which was not observed in the other temperatures.

Key words: mobilization of reserves, hydration, lipids, carbohydrates, starch, proteins

INTRODUÇÃO

As sementes têm aumento na taxa de desidratação ao final da Fase de maturação, consequentemente seu metabolismo celular decresce. Estando sob baixos conteúdos de água, a semente necessitará da reabsorção para que seu metabolismo seja reativado. Com a hidratação ocorrem os processos que irão culminar no desenvolvimento do eixo embrionário, mediante estruturas e reservas preservadas após a Fase de dessecação (KERBAUY, 2004; CASTRO e HILHORST, 2004).

Dentre os fatores ambientais que influenciam a germinação destaca-se a temperatura, uma vez que ela afeta a velocidade e a porcentagem de germinação, assim como os processos de hidratação e mobilização de reservas (BEWLEY et al., 2013). Flores et al. (2014) constataram que a temperatura atuou diretamente sobre a velocidade de embebição em sementes de *Melanoxylon brauna*. Matos et al. (2015), analisando sementes de *Dalbergia nigra*, concluíram que a temperatura estimulou a velocidade de absorção de água. Araújo et al. (2014) verificaram que o teor de água das sementes de *Jatropha curcas* embebidas a 30 °C foi superior ao das embebidas a 25 °C. Duarte et al. (2010) relataram que sementes de *Dyckia goehringii* submetidas à temperatura de 30°C tenderam a absorver mais água que as submetidas a 25°C. Silva et al. (2014) constataram que sementes de *Calophyllum brasiliense* apresentaram aumento constante no teor de água a 30°C, comparadas com outras sementes testadas. Ataíde et al. (2016), estudando dois lotes de sementes de *Dalbergia nigra*, relataram que em ambos os lotes a temperatura de 25°C foi a que proporcionou maiores taxas de embebição. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), quanto maior a temperatura, maior será a velocidade com que as reações químicas irão ocorrer, porém dentro de certos limites de temperaturas para essa progressão.

Carboidratos, lipídeos e proteínas mobilizados durante a germinação das sementes são utilizados para geração de energia e para construção de novas células e tecidos (BEWLEY e BLACK, 1994). A mobilização das reservas durante a germinação pode variar em diferentes regimes de temperatura (TESFAY et al., 2015). O fato de as enzimas sofrerem influência da temperatura afeta o metabolismo ligado à mobilização das reservas. Ataíde et al. (2016), estudando *Melanoxylon brauna*, observaram que a atividade da enzima α -amilase tende a aumentar durante a embebição em diferentes temperaturas. Belo et al. (2014), avaliando sementes de *Helianthus annuus*, verificaram que menores concentrações de ácido linoleico afetam o desempenho da germinação das

sementes em baixas temperaturas. Mengarda et al. (2015) relataram que em sementes de *Carica papaya*, submetidas à embebição em temperaturas constantes e alternadas, a concentração de açúcares foi maior em sementes submetidas à temperatura constante, enquanto em temperatura alternada houve menores concentrações de amido, de lipídeos e de proteínas totais.

Deste modo, torna-se relevante conhecer os aspectos bioquímicos associados às sementes de *Ormosia coarctata*, tendo em vista que não se conhece a respeito do processo de mobilização de reservas em diferentes temperaturas. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar as alterações de reservas de carboidrato, lipídeo e proteína nos cotilédones em diferentes temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes da espécie *Ormosia coarctata* Jacks, coletadas no município de Alta Floresta (MT) em novembro de 2015. Segundo a classificação de Köppen (1948), essa região caracteriza-se por ter clima “Aw”, considerado tropical quente úmido, com temperaturas médias elevadas de 23 e 26°C, podendo atingir temperaturas superiores a 40 °C (CAIRES e CASTRO, 2002). Após a coleta, as sementes foram embaladas, enviadas ao laboratório e, posteriormente, selecionadas, retirando-se as impurezas e eliminando as sementes deterioradas.

As sementes foram submetidas à quebra de dormência com ácido sulfúrico concentrado, por 45 minutos. Após lavagem abundantemente com água destilada e serem secas em papel absorvente, elas foram tratadas com fungicida CAPTAN a 0,2%, por 5 minutos. Em seguida, foram colocadas para embeber em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada, colocados no interior de sacos plástico perfurados, e mantidas em germinador sob luz contínua proporcionada por quatro lâmpadas fluorescentes de 40 W, tipo luz do dia, nas temperaturas constantes de 15, 25, 30, 35 e 40 °C.

O teor de água das sementes durante a germinação foi estabelecido a partir da curva de embebição. As sementes foram pesadas e colocadas para embeber em água destilada, nas mesmas condições descritas anteriormente, para germinação. Elas foram pesadas a cada 1 hora, durante as primeiras 12 horas, e então em intervalos de 12 e de 24 horas, até que atingissem 50% de germinação. Antes de cada pesagem as sementes

foram secas com papel absorvente e, então, recolocadas no substrato umedecido. Foram utilizadas cinco repetições de 20 sementes

Para avaliar as alterações nas reservas dos cotilédones, as amostras foram retiradas a cada 48 horas, até o início da protrusão radicular, nas diferentes temperaturas. Para a temperatura de 15 °C foram avaliadas até 240 horas e para 40 °C, até 96 horas. Em seguida, foram secas em estufa a 45 °C, por 24 horas. Posteriormente, os cotilédones foram triturados em moinho e armazenados em vidros hermeticamente fechados.

O teor de lipídeos foi obtido a partir da extração dos óleos contidos nos cotilédones, segundo procedimentos descritos por Silva (1990). Foram utilizadas amostras de 1,0 g, colocadas em cartuchos de papel-filtro, pesadas e transferidas para o Soxhlet, sendo mantidas em refluxo, com hexano, durante 24 horas. Elas então foram secas a 45 °C, por 24 horas, e pesadas novamente. O teor de lipídeos foi estimado pela diferença de peso da amostra seca inicial e final, expresso em porcentagem. Foram utilizadas quatro repetições.

Para extração dos açúcares solúveis foi utilizada a metodologia descrita por Buckeridge e Dietrich (1990), com modificações. Cinco amostras de 100 mg de material desengordurado foram mantidas em álcool 80%, em banho-maria, a 75 °C, durante 30 minutos, e centrifugadas a 10.000 g durante 5 minutos, para a coleta do sobrenadante. Esse processo foi repetido por mais três vezes. Após as extrações as amostras foram levadas à estufa por 24 horas, a 45 °C, e em seguida ressuspensas com 1,0 ml de água destilada, que foi utilizada para as análises de açúcares solúveis totais. A quantificação foi realizada a partir da diluição de 10 µl da amostra, pelo método colorimétrico fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956).

Os precipitados das amostras da extração dos açúcares solúveis, após secos em estufa, foram utilizados para extração e quantificação do amido. Foram utilizadas cinco amostras de 20 mg, submetidas à digestão com 1,0 ml de ácido perclórico 35%, durante 15 minutos. Após a digestão as amostras foram centrifugadas a 10.000 g, durante 5 minutos (PASSOS, 1996). A quantificação do amido foi realizada em alíquotas de 5 µL do sobrenadante, pelo método colorimétrico, conforme metodologia descrita por Dubois et al. (1956).

As análises dos monossacarídeos foram feitas por cromatografia gasosa. As extrações de monossacarídeos dos cotilédones foram feitas conforme metodologia descrita por Black et al. (1996), com modificações. O material seco e moído foi homogeneizado com etanol 80%, a 75 °C, por 30 minutos, e então centrifugado a

10.000 g, por 5 minutos. O sobrenadante foi separado e, em seguida, homogeneizou-se o precipitado com etanol 80% por mais cinco vezes. Os sobrenadantes foram misturados e secos totalmente. Eles foram, então, ressuspensos com 1,0 mL de água ultrapura. Retirou-se 0,5 mL, que foi usado para preparo do alditol acetato. Foram feitas quatro repetições de cada extração e quantificação.

A quantificação dos monossacarídeos foi realizada conforme Englyst e Cummings (1984). Utilizou-se um cromatógrafo a gás Shimadzu GC14-A, equipado com detector de ionização de chama (FID), acoplado a um registrador e integrador C-R6A chromatopac. Foram utilizados uma coluna moderadamente polar e 50% de cianopropilfenil-dimetilsiloxane. O fluxo de gás foi de 0,25 mL.min⁻¹. As temperaturas do injetor, do detector e da coluna foram 2.500, 2.200 e 2.750 °C, respectivamente. A razão de divisão foi de 1/40, tendo sido injetado 1,0 µL de alditol acetato.

As proteínas totais foram avaliadas pelo método de micro-Kjeldahl, conforme AOAC (1995), com modificação; esse método é realizado por doseamento de nitrogênio total. Cinco amostras de 200 mg do material desengordurado foram colocadas em tubo de ensaio com 1,0 g de mistura digestora e 5 ml de ácido sulfúrico. Após a digestão em bloco digestor a 350 °C, foram adicionados 10 ml de água destilada. Em seguida, realizou-se a destilação, adicionando hidróxido de sódio (NaOH) 1:1. O produto final foi coletado em erlenmeyer contendo 10 ml de ácido bórico 5%, e a titulação foi feita com solução de ácido clorídrico 0,05 N. O teor de proteínas totais foi estimado pelo fator 6,25.

RESULTADOS

As taxas de absorção de água aumentaram significativamente em todas as temperaturas, com aumento no ganho de peso à medida que se aumentou a temperatura (Figura 1). Na temperatura de 15 °C foi observada embebição lenta e contínua. Ao final de 216 horas as sementes apresentaram ganho de peso de aproximadamente 30% (Figura 1a), não sendo detectada raiz primária neste período. Observou-se padrão trifásico de embebição nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, com rápida absorção de água inicialmente, seguida pela estabilização e posterior emissão da raiz primária. Em 25 °C a emissão da radícula ocorreu em 192 horas, e nas temperaturas de 30 e 35°C em 144 horas. O ganho de peso a 40 °C foi superior às demais temperaturas, sendo verificado aumento de aproximadamente 35% após 96 horas de embebição. Nessa temperatura as sementes apresentaram-se altamente deterioradas ao final das análises e sem protrusão radicular.

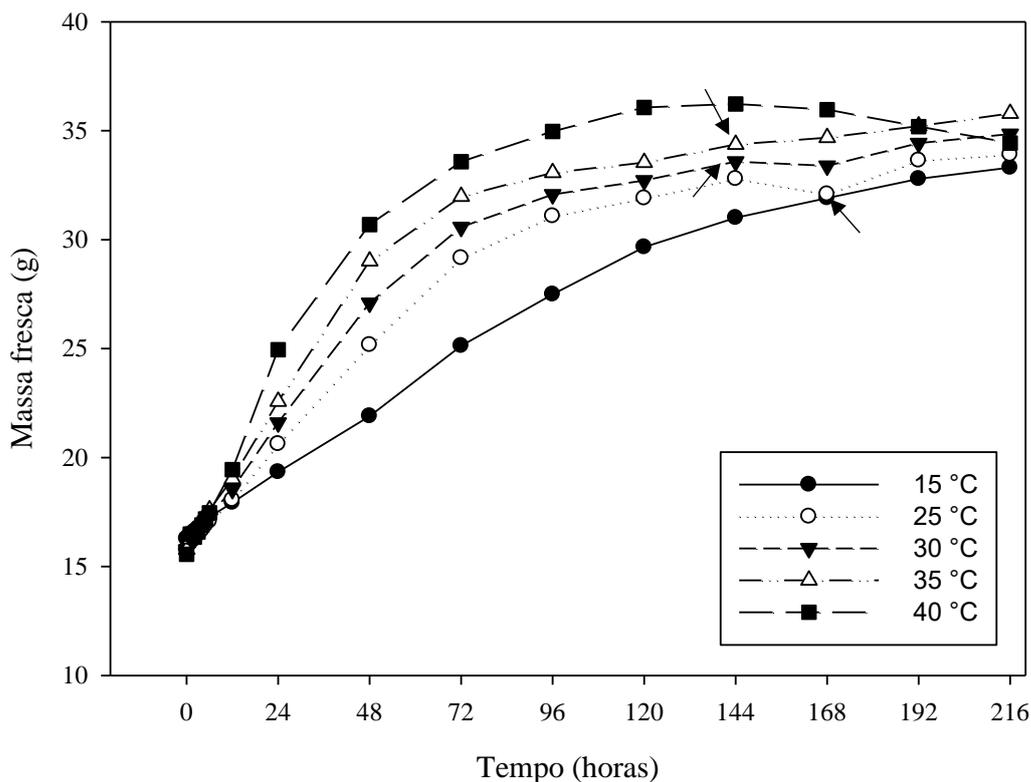


Figura 1: Curva de embebição de sementes de *Ormosia coarctata* nas temperaturas de 15, 25, 30, 35 e 40 °C. As setas indicam a protrusão da radícula em pelo menos 50% das sementes.

As sementes quiescentes de *O.coarctata* apresentaram cerca de 8,2% de lipídeos, tendo os teores diferido durante os períodos de embebição em todas as temperaturas (Figura 2a). O teor de lipídeos apresentou mobilização mais lenta em 15 °C, durante os períodos de embebição, comparada às demais temperaturas. Foi observado decréscimo médio de 2,6, 7,9 e 11,1% no teor de lipídeos nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, respectivamente. Observou-se que a porcentagem de lipídeos decresceu na temperatura de 40 °C em 96 horas de hidratação (Figura 2a). Nesse período os cotilédones encontravam-se deteriorados.

As reservas de açúcares solúveis decresceram ao longo dos períodos de embebição, exceto na temperatura de 15°C (Figura 2b). Verificou-se que nas temperaturas de 25, 30 e 35°C as maiores reduções ocorreram a partir de 48 horas de

embebição. Na temperatura de 40°C os teores de açúcares solúveis caíram pela metade, em 96 horas.

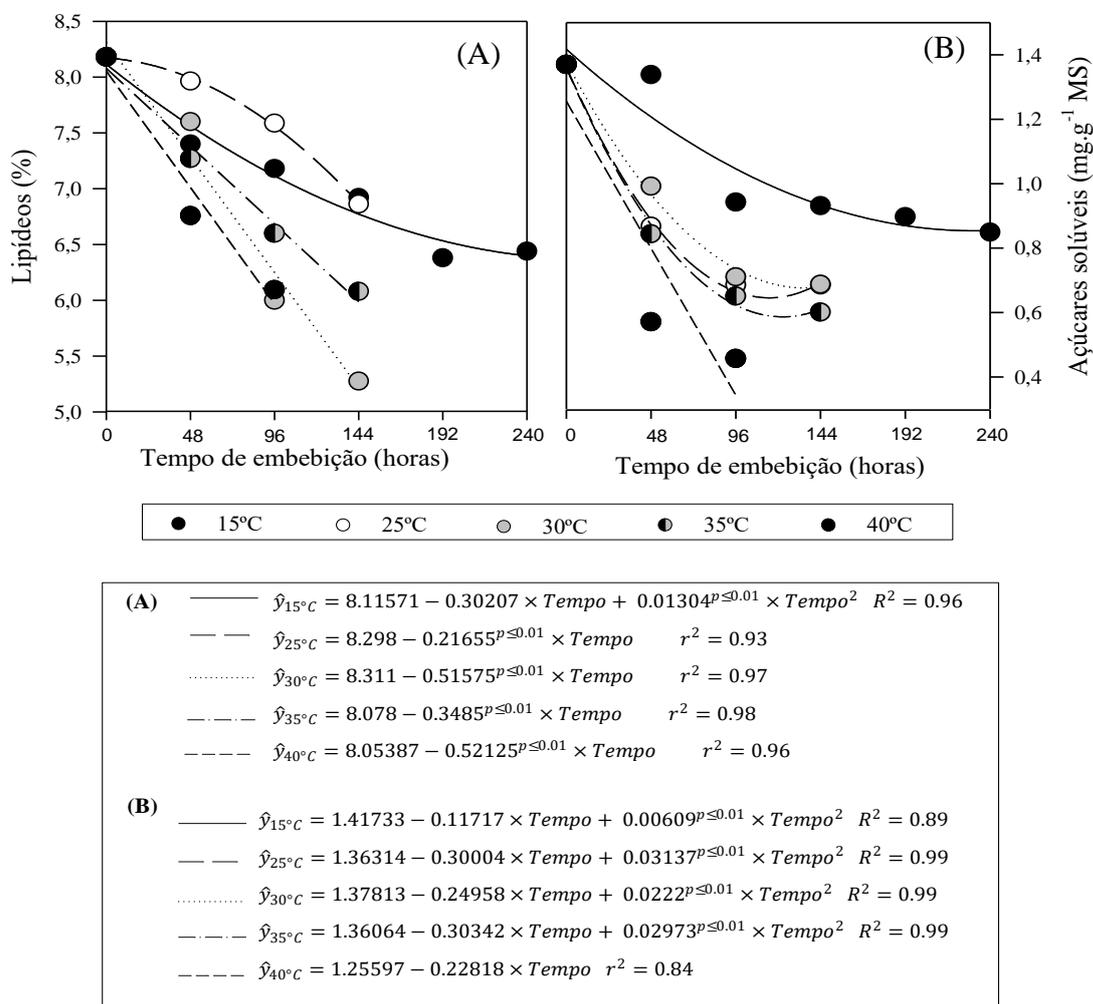


Figura 2: Porcentagem de lipídeos (%) e teores de açúcares solúveis (mg.g^{-1} de massa seca) em sementes de *Ormosia coarctata* durante a embebição, em função de diferentes temperaturas.

Verificou-se que a mobilização do amido foi afetada pelas condições de temperatura durante a germinação. Na temperatura de 15 °C não foram constatadas diferenças entre os períodos de embebição (Figura 3a). Nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C iniciou-se o consumo do amido em 96 horas da embebição. A 40°C os teores médios de amido decresceram rapidamente, reduzindo seus valores médios após 96 horas de embebição (Figura 3a).

O teor de proteína total apresentou valor inicial médio de 16,58%. Esse valor sofreu alteração em função do tempo de embebição, associado ao aumento da temperatura (Figura 3b).

Os valores médios permaneceram relativamente estáveis até 72 horas de embebição, a 15 °C. Nas temperaturas de 15, 25, 30 e 35 °C foram constatados decréscimos progressivos nos teores de proteínas, representando reduções de 2,3; 16,6; 17,2 e 17,5 % em 96 horas em relação ao teor inicial. A 40 °C, houve redução contínua, apresentando decréscimo médio de 36,8 % após 96 horas.

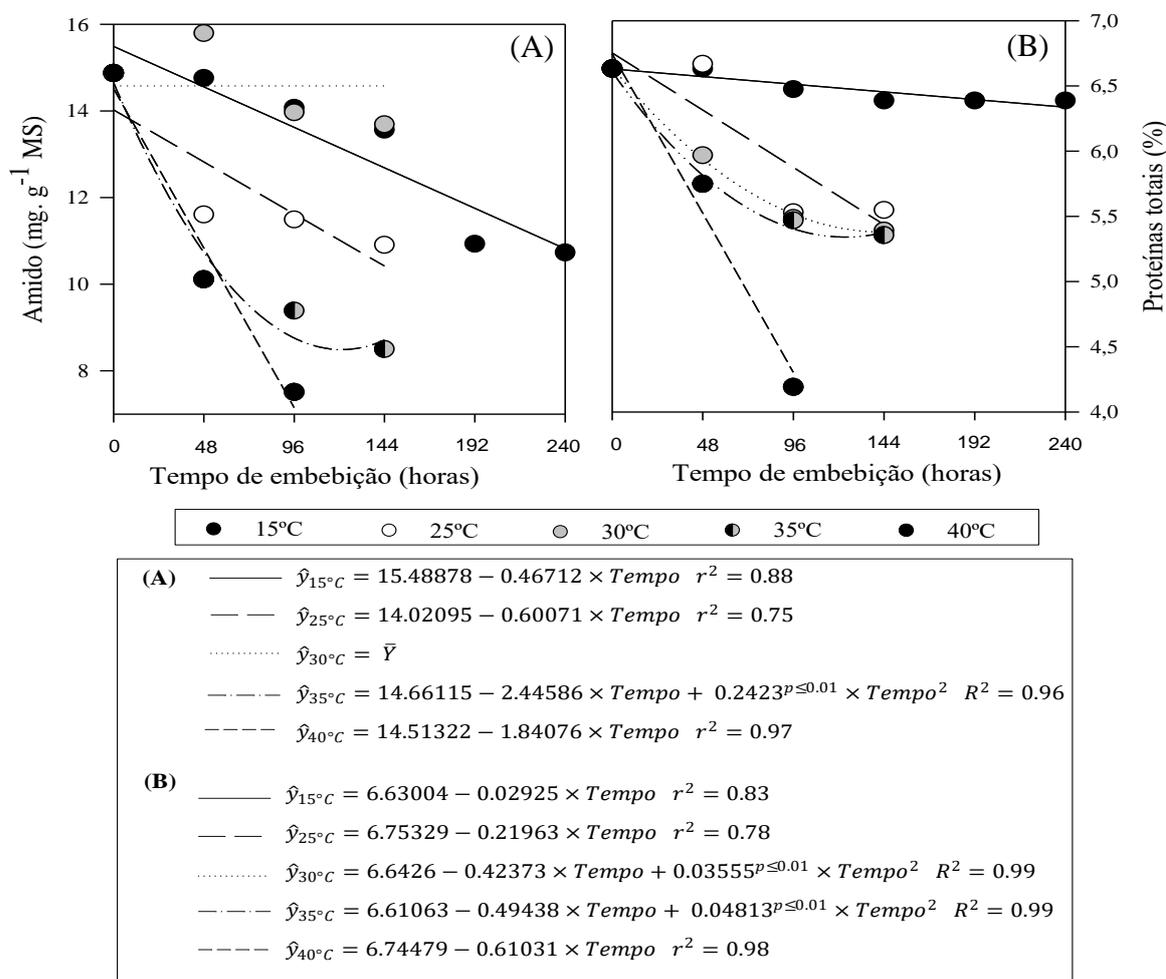


Figura 3: Concentrações de amido (mg.g⁻¹ de massa seca) e porcentagem de proteínas totais em sementes de *Ormosia coarctata* durante a embebição, em função de diferentes temperaturas

As modificações na composição da xilose e galactose estão apresentadas nas Figura 4a e 4b.

O teor da xilose decresceu, embora não significativamente, na temperatura de 15°C. Para as temperaturas de 25, 30 e 35 °C, os teores de xilose reduziram continuamente

até 48 horas, com pouca variação após este período. E em 40 °C apresentou redução significativa.

O teor de galactose decresceu em todas as temperaturas, com menor intensidade a 15 e 40 °C, durante os períodos analisados. A 25, 30 e 35°C, esse açúcar não foi detectado a partir de 144 horas de embebição.

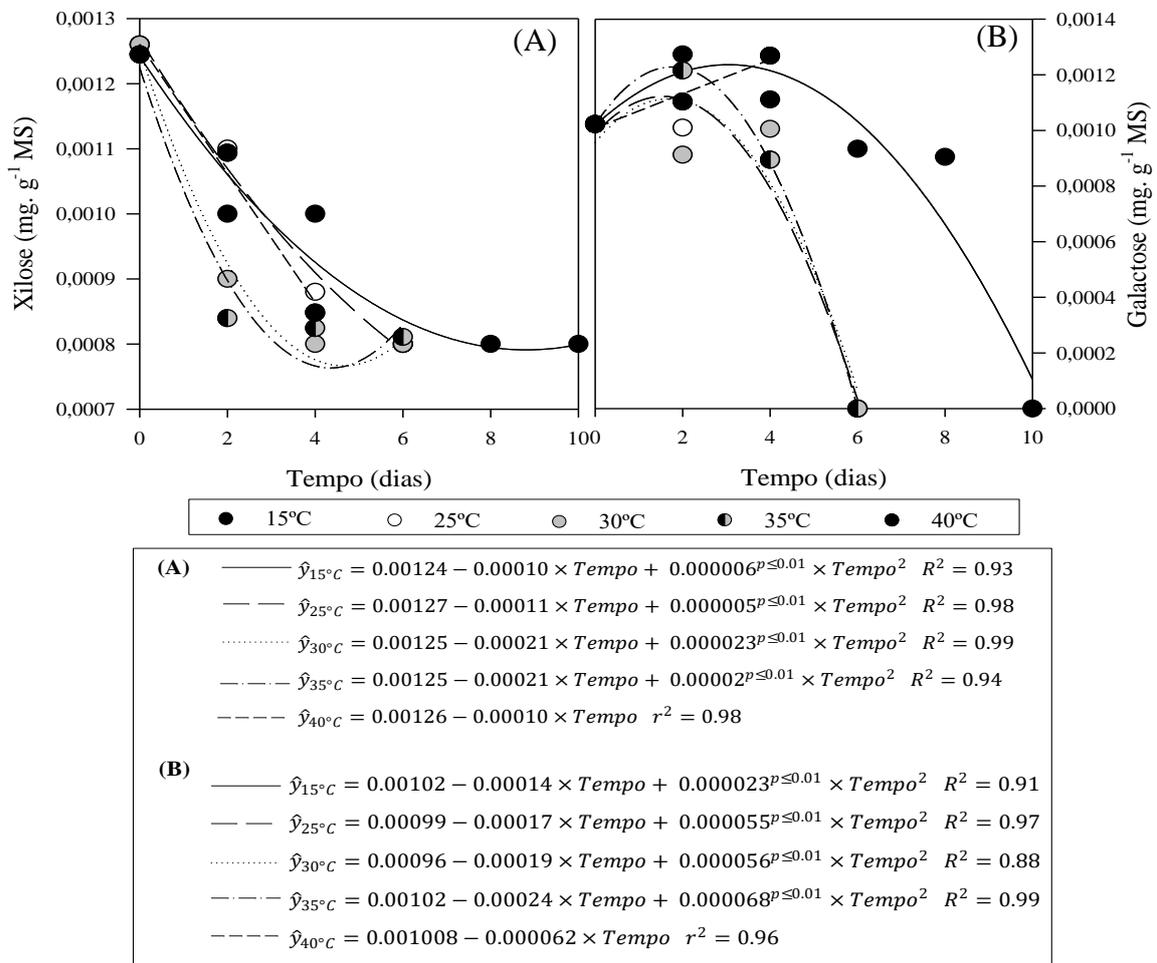


Figura 4: Concentrações de xilose (mg.g^{-1} de massa seca) e galactose (mg.g^{-1} de massa seca) em sementes de *Ormosia coarctata* durante a embebição, em função de diferentes temperaturas

Os teores de glicose não foram detectados nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C. No entanto foram detectados a 15°C a partir de 144 horas de embebição e a 40°C, com 48 horas.

DISCUSSÃO

Em todas as temperaturas foi verificado aumento no teor de água nas primeiras 72 horas, o que indica que essa absorção independe da temperatura, ocorrendo

exclusivamente pelas diferenças de potenciais hídricos entre a semente e o substrato. Antes do processo de hidratação, as células da semente possuem o potencial hídrico mais negativo do que o do substrato. Ao entrar em contato com a água ocorre rápida absorção. Além disso, temperatura exerce efeito sobre a fluidez da água, o que torna a mais fluida, permitindo com que as moléculas de água se movam mais rapidamente (FLORES et al., 2014).

A 15 °C houve embebição mais lenta e contínua, de onde se conclui que o metabolismo da semente estava mais lento, em razão da baixa temperatura. Para Carvalho et al. (2009) as baixas temperaturas afetam na reorganização das membranas celulares, dificultando o processo e tornando-o mais lento. Segundo Flores et al. (2014), as baixas temperaturas resultam em maior permeabilidade das membranas. Sob baixas temperaturas ocorre modulação da composição dos fosfolípidos de membrana, mais precisamente no nível de instauração dos ácidos graxos, que por sua vez afeta na permeabilidade e nas propriedades de fluidez de membrana (Upchurch, 2008; Zheng et al., 2011; Noblet et al., 2017). Em sementes de *Zea mays* o frio induz desorganização das membranas, resultando em maior liberação de eletrólitos para o meio, causando atraso na germinação (Noblet et al., 2017).

Entretanto, é preciso considerar que o metabolismo básico das sementes está mais lento nessa temperatura, por isso a degradação das reservas que deveriam ser utilizadas durante a Fase II e que aumentariam o potencial hídrico não ocorre no ritmo adequado. Dessa forma, é possível que as alterações em nível de membrana sejam somente parte do processo. Menores taxas de absorção de água em baixas temperaturas foram encontradas por Ozturk et al. (2008), Unver e Tilki (2012) e Matos et al. (2015).

Foi verificado o padrão trifásico de embebição nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C. Resultados similares foram encontrados por Garcia e Diniz (2003), para as espécies de *Vellozia gigantea* e *Vellozia variabili* e por Albuquerque et al. (2009), para *Bowdichia virgilioides*. A Fase I de embebição pode ocorrer em semente viáveis ou não, por se tratar de um processo físico que independe das atividades metabólicas das sementes (BEWLEY et al., 2013) e, conseqüentemente, da temperatura. De acordo com Marcos Filho (2005), na Fase I de embebição ocorre aumento na atividade respiratória, liberando energia para a ativação das enzimas e reconstituição de metabolitos preexistentes. Assim, as temperaturas analisadas nesse estudo permitiram que além da mobilização das reservas houvesse também a organização de organelas, como a mitocôndria, por exemplo, fundamentais na produção de energia. A degradação de reservas permitirá às células a

produção de intermediários para diferentes rotas metabólicas e estruturas físicas das células. Como consequência, é possível que o crescimento potencial do eixo embrionário aumentará, bem como haverá redução da resistência dos envoltórios em torno do eixo, resultando na Fase III.

Observou-se que no período de 72 a 144 horas de embebição nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C houve pouca variação no aumento de massa fresca das sementes. Provavelmente essa estabilização ocorreu, entre outros fatores, devido ao equilíbrio entre os potenciais hídricos da semente e do substrato. Guimarães et al. (2008) relatam que com a hidratação dos tecidos as organelas, membranas e enzimas tornam-se funcionais, durante a Fase II de embebição, ocorrendo intensa digestão das reservas que serão necessárias para o alongamento das células na região da radícula.

As sementes tiveram maior ganho de massa fresca em 40 °C, mas com deterioração e proliferação de microrganismos em 96 horas. De acordo com Badea e Basu (2009), a bicamada lipoproteica das células é afetada em altas temperaturas ocasionado desorganização dos seus constituintes. Segundo Bewley et al. (2013), a contaminação por microrganismos pode estar relacionada com a perda de metabolitos pela semente, devido à perda de integridade das sementes causadas por altas temperaturas. Assim, sementes de *O.coarctata* expostas à temperatura de 40 °C podem ter tido alteração na semipermeabilidade das membranas e causado o extravasamento do material celular que serviu de substrato para o desenvolvimento de microorganismos.

As enzimas também sofrem influência da temperatura em suas atividades. Em altas temperaturas, como no caso presente, pode ter causado desnaturação ou inibição das atividades de diversas enzimas em diversas rotas metabólicas, como as que causam o enfraquecimento da parede celular e afetam o turgor e a ampliação do tamanho das células (CHEN e BRADFORD 2000). Segundo dados de Ataide et al. (2016), 25 e 30 °C foram as temperaturas ideais para a germinação de sementes de *M. brauna*, bem como para as atividades das enzimas α - e β -amilases e da desidrogenase da glucose-6-fosfato. A 10 e a 40 °C as atividades das enzimas decresceram, prejudicando a germinação.

Estudos de Carrijo et al. (2011) envolvendo a atividade da enzima α -galactosidase mostraram que a temperatura de 50 °C estimulou a atividade da enzima nos cotilédones e o intervalo de 50 a 60 °C no eixo embrionário. Percebe-se que o metabolismo sofre efeito da temperatura, mas de maneira diferente a depender do local e rota metabólica envolvidos. Segundo Mattos et al. (2014) em altas temperaturas ocorre também a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs). Essas moléculas são instáveis e

extremamente reativas, podendo causar danos oxidativos em várias organelas e estruturas celulares como mitocôndrias, cloroplastos, membrana plasmática, peroxissomos, além da atividade das enzimas

A mobilização de reservas foi, de maneira geral, bem diferenciada entre as temperaturas. Percebe-se que a 15 °C a mobilização apresentou menores taxas ou foram estáveis, ressaltando-se a galactose que permaneceu detectável ao final da pesquisa, enquanto nas demais temperaturas ela desapareceu. Tais resultados permitem afirmar que a permanência das sementes nessa temperatura reduz a taxa metabólica, ocasionando menor consumo das reservas, em especial a galactose, que é a principal fonte de energia utilizada. Por outro lado, a 40 °C a taxa de consumo de todas as reservas foi a mais alta, mesmo que em 96 horas as sementes tivessem mostrado deterioração. Pesquisa realizada com *Dalbergia nigra* mostrou que alta temperatura por poucas horas causa o aceleração do processo germinativo e conseqüentemente o metabolismo (MATOS et al., 2014). Como as sementes de *O.coarctata* permaneceram por tempo maior, o período de 48 horas pode ter sido adequado para que o metabolismo ficasse acelerado e ocorresse o consumo das reservas. Entretanto, o processo foi interrompido em até 96 horas causando a parada no metabolismo e, por conseguinte, no consumo das reservas.

Os aumentos nas concentrações de glicose observados, em menor tempo a 40 °C, e a 15 °C em maior, podem ter sido pela parcial isomerização da galactose. Por motivo de morte na primeira temperatura e baixa atividade metabólica da segunda resultou na detecção da mesma. Aragão et al. (2015) analisando monossacarídeos em *Cedrela fissilis* não identificaram a presença de glicose durante os períodos de embebição, sendo detectado durante o início do desenvolvimento das mudas. Obroucheva et al. (2006) observaram que durante a germinação em *Aesculus hippocastanum* o teor de glicose teve aumentos significativos após a emissão da radícula.

A mobilização de açúcares solúveis, xilose e galactose tiveram padrões semelhantes nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, com taxas semelhantes de decréscimos. Comparando-se as duas, é possível verificar que o teor do primeiro foi composto basicamente por xilose, uma vez que a galactose não foi detectada nos tempos mais avançados de embebição. Tais resultados indicam a prioridade de consumo de reserva de determinados monossacarídeos, independente da presença de oligossacarídeos os quais são parte das reservas de carboidratos. Esses mesmos açúcares foram consumidos ou lixiviados em maior taxa durante a embebição a 40 °C. A degradação de membrana celular causada pela alta temperatura permitiria a exsudação desses açúcares, pelo menos nos

tempos mais avançados da hidratação, onde o efeito é mais acentuado. Dessa forma, há dois processos ocorrendo durante a hidratação das sementes de *O.coarctata*. Um, em que há consumo de reservas pelo aumento no metabolismo, seguido de perda dos mesmos para o meio pelos danos termiais.

A degradação do amido mostrou padrão diferente dos demais, uma vez que a redução nos teores acompanhou o aumento da temperatura. Pelo decréscimo generalizado de carboidratos é possível que o consumo tenha sido elevado nas temperaturas consideradas ótimas para a germinação. Assim, a mobilização de amido propiciaria glicose para a utilização na respiração ou na formação de estruturas físicas das células. Como o consumo não foi apropriado nas temperaturas de 15 e 40 °C, houve o acúmulo do mesmo.

O consumo de lipídeos foi relativamente mais baixo do que as demais reservas, não demonstrando maiores variações entre as diferentes temperaturas. Possivelmente os ácidos graxos livres tenham sido os utilizados e não as reservas de triglicerídios. Como são reservas altamente reduzidas, produzem maior quantidade de energia e supririam a necessidade energética logo no início da hidratação.

As variações em torno da mobilização de reservas são bem documentadas entre diferentes espécies, florestais ou não. Alencar et al. (2012) em sementes de *Cereus jamacaru* (Cactaceae) concluíram que durante a germinação houve redução significativa nos teores de açúcares solúveis e amido e decréscimo de 81% no teor de proteínas solúveis. Lipídeo e proteína constituíram-se nas principais reservas utilizadas no processo germinativo. Com algumas variações, Lima et al. (2008) concluíram que a reserva de lipídeos reduziu em 40%, enquanto a de proteína aumentou em 34,7%. A atividade da enzima α -amilase foi maior concomitantemente com a redução de amido e aumento de açúcares solúveis.

Segundo Mengarda et al. (2015), em condições desfavoráveis de temperatura para a espécie podem ocorrer alterações ou interrupção na mobilização das reservas, prejudicando a germinação. Diferentemente desses autores, Ataíde et al. (2013) verificaram que não houve diferenças na mobilização de reservas entre as temperaturas de 15 e 25 °C. Verificou-se que enquanto os teores de lipídeos tiveram pequenas variações, os de carboidratos solúveis, amido e proteína decresceram.

É interessante salientar que as sementes de *O.coarctata* são constituídas em sua maior parte por cotilédones, uma vez que o embrião tem tamanho reduzido. Dessa forma, as mobilizações das reservas quantificadas se referem àquele local. Considerando-se que

o embrião no início do processo germinativo tem pouca demanda por elas, é de se esperar que a maior parte da mobilização detectada tenha sido usada na respiração ou foi perdida por exsudação.

CONCLUSÕES

As alterações nas reservas de carboidratos, lipídeos e proteínas apresentam decréscimos em todas as temperaturas.

Nas temperaturas de 25, 30 e 35°C a mobilização de açúcares solúveis, xilose e galactose tiveram padrões semelhantes.

Nas temperaturas 15 e 40 °C, acima e abaixo da faixa ótima de germinação para a espécie de *Ormosia coarctata*, foi detectado teores de glicose, não sendo observado nas demais temperaturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, K. S. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p.012-019, 2009.

ALENCAR, N.L.M.; INNECCO, R.; GOMES-FILHO, E.; GALLÃO, M.I.; ALVAREZ PIZARRO, J.C.; PRISCO, J.T.; OLIVEIRA, A.B. Seed reserve composition and mobilization during germination and early seedling establishment of *Cereus jamacaru* D.Cl ssp. *Jamacaru* (cactaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.84, n.3, p.823-832, 2012.

ARAGÃO, V. P. M.; NAVARRO, B. V.; PASSAMANI, L. Z., MACEDO, A. F., FLOH, E. I. S.; SILVEIRA, V.; SANTA-CATARINA, C. Free amino acids, polyamines, soluble sugars and proteins during seed germination and early seedling growth of *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae), an endangered hardwood species from the Atlantic Forest in Brazil. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 27, n. 2, p. 157-169, 2015.

ARAÚJO, ROBERTO F.; ZONTA, J. B.; ARAÚJO, E. F.; DONZELES, S. M. L.; COSTA, G. M. Curva de absorção de água em sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). **Idesia**, Arica, v. 32, n. 2, p. 5-10, 2014.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17^a ed., Arlington, USA, AOAC. 1141p, 1995.

ATAÍDE, G.M.; BORGES, E.E.L.; GONÇALVES, J.F.C. GUIMARÃES, V.M.; FLORES, A.V.; BICALHO, E.M. Alterations in seed reserves of *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth) during hydration. **Journal Seed Science**, v.35, n.1, p. 56-63, 2013.

ATAÍDE, M. G.; BORGES, E. E. L.; FLORES, A.V. Atividade enzimática em sementes de braúna submetidas ao estresse térmico. *Ciência Rural*, v. 46, n. 6, p. 1044-1049, 2016.

ATAÍDE, M. G.; BORGES, E. E. L.; GONÇALVES, J. F. C.; GUIMARÃES, V. M.; FLORES, A.V. Alterações fisiológicas durante a hidratação de sementes de *Dalbergia nigra* ((Vell.) Fr. All. ex Benth.). *Ciência Florestal*, v. 26, n. 2, 2016.

BADEA, C.; BASU, S. K. The effect of low temperature on metabolism of membrane lipids in plants and associated gene expression. **Plant Omics Journal**, v.2, n.2, p.78-84, 2009.

BELO, R. G.; TOGNETTI, J.; BENECH-ARNOLD, R.; IZQUIERDO, N. G. Germination responses to temperature and water potential as affected by seed oil composition in sunflower. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 537-544, 2014.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 392p., 2013.

BLACK, M.; CORBNEAU, F.; GRZESIK, M.; GUY, P.; CÔME, D. Carbohydrate metabolism in the developing and maturing wheat embryo in relation to its desiccation tolerance. **J. Exp. Bot.**, Oxford, v.47, n 295, p. 161- 169, 1996.

BUCKERIDGE, M. S.; DIETRICH, S. M. C. Galactomanans from Brazilian legume seeds. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 13, p. 109-112, 1990.

CAIRES, M. S.; CASTRO, J. G. D. Levantamento dos agrotóxicos usados por produtores rurais do município de Alta Floresta Mato Grosso. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 2, n. 1, 2002.

CARRIJO, L.G.; BORGES, E.E.L.; REZENDE, S.T.; PONTES, C.A.; SILVA, A.G.; LOPES, M.R. Avaliação da concentração de proteínas e da atividade de α -galactosidase nos cotilédones e no eixo embrionário de sementes de *Dalbergia nigra* durante a germinação. **Acta Amazonica**, v.41, n.4, p.465- 470, 2011.

CARVALHO, L.F.; SEDIYAMA, C.S.; REIS, M.S.; DIAS, D.C.F.S.; MOREIRA, M.A. Influence of soaking temperature of soybean seeds in the electrical conductivity test to evaluate physiological quality. **Revista Brasileira de Sementes**. 31: 9-17, 2009.

CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP. 4.ed, 588 p, 2000.

CASSARO-SILVA, M. Efeito da temperatura na germinação de sementes de manduirana (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. - Caesalpiniaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 92 - 99, 2001.

CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: Ferreira, A.G.; Borghetti, F. (Org.) **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, p.149-162, 2004.

CHEN, F.; BRADFORD, K. J. Expression of na expansin is associate with endosperm weakening during tomato seed germination. **Plant Physiology**, v.124, p.1265-1274, 2000.

DUARTE, E. F.; CARNEIRO, I. F.; SILVA, N. F.; GUIMARÃES, N. N. R. Características físicas e germinação de sementes de *Dyckia goehringii* Gross & Rauh (Bromeliaceae) sob diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 422-429, 2010.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Annalitical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

ENGLYST, H. N.; CUMMINGS, J. M. Simplified method for the of total non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. **Analyst. Herts**, v. 109, p.937-942. 1984.

FLORES, A. V.; BORGES, E. E. L.; GUIMARÃES, V. M.; ATAÍDE, G. M.; CASTRO, R. V. O. Germinação de sementes de *Melanoxylon brauna schott* em diferentes temperaturas. **Rev. Árvore**, Viçosa. v. 38, n. 6, p. 1147-1154, 2014 .

GARCIA, Q. S.; DINIZ, I. S. S. Comportamento germinativo de três espécies de *Vellozia* da Serra do Cipó, MG. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo , v. 17, n. 4, p. 487-494, 2003.

GUIMARÃES, M.A.; DIAS, D.F.S; LOUREIRO, M.E. Hidratação de sementes. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v.2, n.1, p. 31-39, 2008.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 1 Ed. Guanabara Koogan, 472p. 2004.

LIMA, R.B.S.; GONÇALVES, J.F.C.; PANDO, S.C.; FERNANDES, A.V.; SANTOS, A.L.W. Primary metabolite mobilization during germination in rosewood (*Aniba rosaedora* Ducke) seeds. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.19-25, 2008.

MARCOS FILHO, J. M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 495 p. 2005.

MATOS, A. C. B.; BORGES, E. E. L.; SILVA, L. J. Fisiologia da germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. sob diferentes temperaturas e tempos de exposição. **Rev. Árvore**, Viçosa , v. 39, n. 1, p. 115-125, 2015.

MENGARDA, L. H. G.; LOPES, J. C.; ZANOTTI, R. F.; ALEXANDRE, R. S. Desempenho de genótipos de mamoeiro quanto à qualidade física e fisiológica de sementes e análises de diversidade. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, 2015.

NOBLET, A.; LEYMARIE, J.; BAILLY, C. Chilling temperature remodels phospholipidome of *Zea mays* seeds during imbibition. **Scientific Reports**, 7, 8886. 2017.

OBROUCHEVA, N. V.; LITYAGINA, S. V.; RICHTER, A. Dynamics of carbohydrates in the embryo axes of horse chestnut seeds during their transition from dormancy to germination. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 53, n. 6, p. 768-778, 2006.

ÖZTURK, M.; BASLAR, S.; DOGAN, Y.; SAKCALI, M.S. **Alleviation of salinity stress in the seeds of some brassica species**. In: KHAN, M.A.; WEBER, D.J. (Eds.) Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, p. 223, 1996.

PASSOS, L. P. **Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1996. 223 p.

SILVA, R. C.; VIEIRA, E. S. N.; PANOBIANCO, M. Técnicas para superação da dormência de sementes de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 9, p. 719-727, 2014.

TESFAY, S. Z.; MODI, A. T.; MOHAMMED, F. The effect of temperature in moringa seed phytochemical compounds and carbohydrate mobilization. **South African Journal of Botany**, v. 102, p. 190-196, 2016.

UNVER, M.C.; TILKI, F. Salinity, germination promoting chemicals, temperature and light effects on seed germination of *Anethum graveolens*. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.18, n.6, 1005-1011, 2012.

UPCHURCH RG. Fatty acid unsaturation, mobilization, and regulation in the response of plants to stress. **Biotechnol. Lett.** 30:967–977, 2008.

ZHENG, G.; LI, L.; LI, W. Glycerolipidome responses to freezing- and chilling-induced injuries: examples in *Arabidopsis* and rice. **BMC Plant Biology**, 16, 70, 2016.

ATIVIDADE ENZIMÁTICA DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Ormosia coarctata* Jacks. SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

RESUMO

A germinação é um estágio essencial no ciclo de vida das espécies. Dentre os fatores ecológicos que a influenciam, a temperatura é um dos mais importantes. Por ser o acúmulo de informações a respeito dos processos germinativos de sementes de *Ormosia coarctata* ainda incipiente, objetivou-se investigar o efeito da temperatura no seu metabolismo oxidativo. Foram avaliadas a porcentagem de germinação, o índice de velocidade de germinação e as atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), catalase (CAT) e peroxidase (POX) nos cotilédones de sementes de *Ormosia coarctata*, durante embebição nas temperaturas de 20, 25 e 35 °C. Foram retiradas amostras a cada 48 horas, até 144 horas de embebição. As atividades das enzimas APX e CAT não foram detectadas nos tempos zero e 24 horas. As enzimas SOD e APX apresentaram maiores alterações a 35 °C e a CAT, a 20 e 25 °C.

Palavras-chave: enzimas antioxidantes, cotilédones, estresse oxidativo.

ENZYMATIC ACTIVITY DURING SEED GERMINATION OF *Ormosia coarctata* Jacks. UNDER DIFFERENT TEMPERATURES

ABSTRACT

Germination is an essential stage in the life cycle of species. Among the ecological factors that influence it, temperature is one of the most important. Because it is the accumulation of information about the germination processes of *Ormosia coarctata* seeds still incipient, the objective of this study was to investigate the effect of temperature on its oxidative metabolism. The germination percentage, the germination rate index and the activities of the enzymes superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase (APX), catalase (CAT) and peroxidase (POX) were evaluated in *O. coarctata* seed cotyledons during imbibition in temperatures of 20, 25 and 35 ° C. Samples were retired every 48 hours, up to 144 hours of imbibition. As activities of the APX and CAT enzymes were not detected at times zero and 24 hours. The SOD and APX enzymes showed greater changes at 35 ° C and CAT at 20 and 25 ° C.

Key words: antioxidant enzymes, cotyledons, oxidative stress.

INTRODUÇÃO

A germinação é um estágio essencial no ciclo de vida das espécies. Dentre os fatores ecológicos que a influenciam, a temperatura é um dos mais importantes. O efeito da temperatura sobre a germinação está relacionado com as reações bioquímicas que ocorrem nas sementes após a hidratação (RAJJOU et al., 2012).

As diferentes espécies possuem faixas distintas de temperatura para a germinação, pois o requerimento térmico para cada espécie está relacionado com sua distribuição geográfica, sua adaptação fisiológica às condições ambientais dos locais de ocorrência e seu grupo sucessional (BRANCALION et al., 2010). Determinadas espécies têm seu desempenho germinativo estimulado por temperaturas constantes, como *Acacia caven* (ESCOBAR et al., 2010), *Amburana cearenses* (GUEDES et al., 2010) e *Erythrina crista-galli* (MELLO et al., 2016); outras por alternância de temperatura, como *Poecilanthe parviflora* (VALADARES; PAULA, 2008), *Dimorphandra mollis* (PACHECO et al., 2010) e *Clitoria fairchildiana* (ALVES et al., 2013); enquanto algumas são indiferentes ao regime de temperatura, como observado em *Gallesia integrifolia* (BARROS et al., 2005) e *Campomanesia adamantium* (SCALON et al., 2009).

Para que a germinação aconteça, a semente necessita da presença de água para retornar à atividade metabólica e ao crescimento do embrião. Durante esse processo ocorrem a retomada do consumo de oxigênio, a fosforilação oxidativa, a mobilização de reservas e a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) (TOMMASI et al., 2001). A produção de EROs tem sido muitas vezes considerada resultado de estresse, o que pode afetar o sucesso da germinação (WOJTYLA et al., 2006). As EROS se apresentam tanto como radicais livres, como na forma de um não radical, formando oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) ou de sucessivas adições de elétrons ao O_2 , reduzindo-o ao radical anião superóxido (O_2^-), radical hidroperoxila (HO_2) ou peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radical hidroxila (OH) (BHATTACHARJEE, 2010).

Para evitar o dano oxidativo as sementes contam com eficientes sistemas antioxidantes, que envolvem agentes enzimáticos e não enzimáticos (KIM e KWAK, 2010). As enzimas antioxidantes estão presentes em diferentes compartimentos celulares e contribuem para o controle das EROS. Dentre elas se destacam superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e peroxidase (POX), principais responsáveis pela eliminação dessas substâncias (BARBOSA et al., 2014). O aumento da

atividade da CAT em *Helianthus annuus* foi induzido pela secagem das sementes, associado à diminuição do nível de peróxido de hidrogênio e à peroxidação lipídica (Bailly et al., 2004). Sementes de *Arabidopsis* que não possuíam a enzima APX acumulavam níveis mais elevados de EROs, exibindo maiores danos oxidativos e germinação reduzida sob estresse osmótico, salino e térmico (Chen et al., 2014). A atividade das enzimas do sistema antioxidante em sementes de *Sesamum indicum* é eficiente no sistema de eliminação de EROs durante a exposição ao estresse hídrico (Chen et al., 2014). Cai et al. (2011), analisando a atividade da SOD em sementes *Jatropha curcas*, verificaram novas isoenzimas SOD sintetizadas no início da germinação, nos cotilédones em desenvolvimento.

Ormosia coarctata Jacks, popularmente conhecida como tento mulungu ou olho de cabra, é indicada como espécie para projetos de restauração ecológica (ISERNHAGEN, 2015), em sistemas agroflorestais (COSTA et al., 2016) e na fixação biológica de nitrogênio (HOLANDA e SOUZA, 2011).

Pesquisas a respeito dos aspectos fisiológicos e bioquímicos durante a germinação de sementes de espécies florestais, especialmente as relacionadas à temperatura, são de grande relevância, pela escassez de informações. Diante disso, é importante o estudo da influência de diferentes temperaturas no processo germinativo e na produção de substâncias produzidas pelo estresse térmico. Este estudo teve como objetivo investigar a atividade do metabolismo oxidativo superóxido dismutase, ascorbato peroxidase, catalase e peroxidase durante a germinação de sementes de *Ormosia coarctata*, sob diferentes temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes Florestais (LASF) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Para realização das análises foram utilizadas sementes da espécie *Ormosia coarctata* Jacks, coletadas no município de Alta Floresta, MT, em novembro de 2015. Após a coleta, as sementes foram embaladas e enviadas ao laboratório.

Teste de germinação

As sementes foram semeadas em rolos de papel germitest, umedecidos com água destilada (BRASIL, 2009), e submetidas às temperaturas 20, 25 e 35°C sob luz constante, durante 15 dias. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentavam protrusão

da raiz primária. As sementes germinadas foram avaliadas diariamente, calculadas a porcentagem de germinação (G%) e o índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições de 20 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Ensaio enzimáticos

Na avaliação da atividade enzimática, as sementes foram embebidas nas temperaturas de 20, 25 e 35°C, conforme descrito anteriormente, e a cada 48 horas foram retiradas cinco sementes inteiras, que foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer (-20°C) até o momento das análises.

Os extratos enzimáticos brutos usados para as determinações das atividades da superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), catalase (CAT) e peroxidase (POX) foram obtidos a partir da metodologia descrita por Hodges et al. (1997), com modificações. Amostras de 200 mg foram trituradas e, então, foram adicionados 2,0mL do meio de homogeneização: tampão fosfato 50mM, pH 7,8 e polivinilpolipirrolidona (PVPP) 1% (p/v). Em seguida, o extrato foi centrifugado a 19.000 g durante 30 minutos, a 4°C, e o sobrenadante obtido foi utilizado como extrato enzimático bruto. Todo o procedimento foi feito em temperatura de 4°C.

A atividade da ascorbato peroxidase (APX) foi determinada pelo ensaio contendo 200µL do extrato enzimático bruto e 1.300µL de um meio de reação constituído de 700 µL de tampão de fosfato 50mM, pH 7,8, 400µL de ácido ascórbico 0,25mM contendo EDTA 0,1mM, e 300µL de H₂O₂ 0,3mM, adaptado de Ramalheiro (2009). A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de 2,8mM.cm⁻¹ (NAKANO e ASADA, 1981). Uma unidade de atividade (U) foi definida como a quantidade de enzima necessária para converter 1nmol de substrato em produto por minuto, por mL, nas condições do ensaio.

A atividade da catalase (CAT) foi determinada pelo ensaio contendo 100µL do extrato enzimático bruto e 1.400µL de um meio de reação constituído de 900µL de tampão fosfato 50mM, pH 7,8 e 500µL de H₂O₂ 0,97M, adaptado de Hodges et al. (1997). A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de 36 M.cm⁻¹ (ANDERSON et al., 1995). Uma unidade de atividade (U) foi definida como a quantidade de enzima necessária para converter 1mmol de substrato em produto por minuto, por mL, nas condições do ensaio.

A atividade da peroxidase (POX) foi determinada pela adição de 50µL do extrato enzimático bruto a 2,95mL de meio de reação constituído de tampão fosfato de potássio 25mM, pH 6,8, pirogalol 20mM e H₂O₂ 20mM (KAR e MISHRA, 1976). A produção de purpurogalina foi determinada pelo incremento da absorvância em 420 nm, em espectrofotômetro, a 25°C, até o segundo minuto de reação. A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de 2,47mM⁻¹ cm⁻¹ (CHANCE e MAEHLEY, 1995) e expressa em µmol/min/mg de proteína.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi determinada pelo ensaio contendo 50µL do extrato enzimático bruto e 2,95mL de um meio de reação constituído de 1.500µL de tampão fosfato de 100 mM, pH 7,5, 780µL de metionina 50mM, 225µL de azul de p-nitro tetrazólio (NBT) 1mM, 60µL de EDTA 5mM, 60µL de riboflavina 2µM e 345µL de água destilada (DEL LONGO et al., 1993). A reação foi conduzida a 25 °C, em câmara de reação sob iluminação de uma lâmpada fluorescente de 15W. Após 5 minutos de exposição à luz a iluminação foi interrompida. A formazana azul produzida pela fotorredução do NBT foi medida a 560 nm e a leitura obtida em 560 nm foi subtraída da amostra que recebeu iluminação (GIANNOPOLITIS; RIES, 1977). A absorvância a 560 nm de um meio de reação exatamente igual ao anterior, mas mantido no escuro, por igual tempo, foi usada como controle. Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade da enzima necessária para inibir em 50% a fotorredução do NBT (BEAUCHAMP; FRIDOVICH, 1971).

As atividades enzimáticas foram expressas em atividade específica (SOD - U SOD min⁻¹ mg prot⁻¹; APX - nmol ASC min⁻¹ µg prot⁻¹; CAT- mmol H₂O₂ min⁻¹ µg prot⁻¹) e POX- mmol H₂O₂ min⁻¹ µg prot⁻¹).

A concentração de proteínas para todas as amostras foi determinada pelo método de Bradford (1976), utilizando-se uma curva-padrão construída com albumina sérica bovina (BSA), de 2,5 a 50µg de proteína.

RESULTADOS

Houve diferença significativa entre os valores médios de germinação em função da temperatura. As maiores porcentagens de germinação ocorreram nas temperaturas de 25 e 35°C (Figura 1a). Comparando as médias do IVG, constata-se que as sementes submetidas à temperatura de 35°C obtiveram maior índice (Figura 1b).

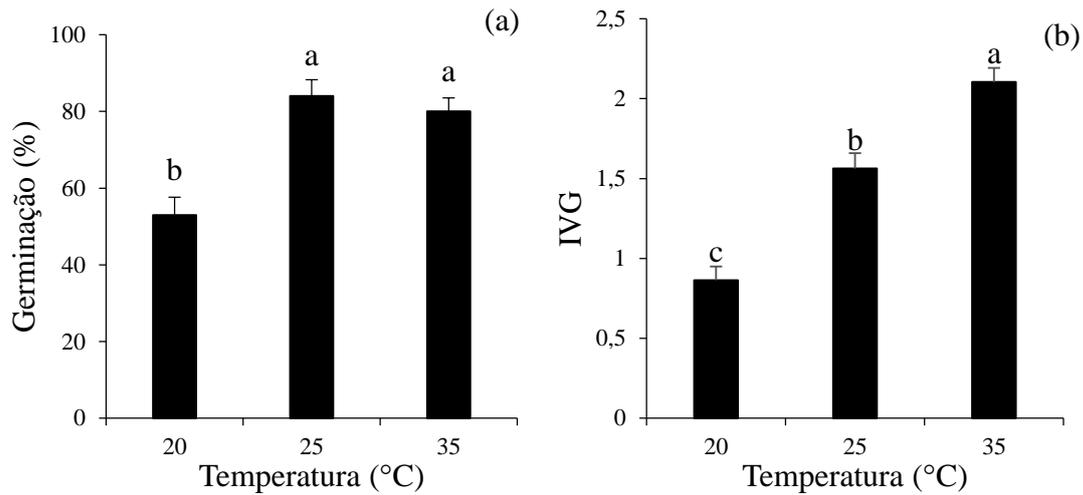


Figura 1: Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de *Ormosia coarctata* em diferentes temperaturas. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5%, pelo teste de Tukey.

Os maiores valores de atividade da SOD ocorreram nas sementes submetidas a 35°C. As temperaturas de 20 e 25°C apresentaram decréscimo na atividade a partir do tempo zero, em 24, 48 e 96 horas de embebição, seguida de aumento em 144 horas. Já para temperatura de 35°C, verificou-se decréscimo em 24 horas e aumento na atividade nos tempos 48, 96 e 144 horas de embebição (Figura 2).

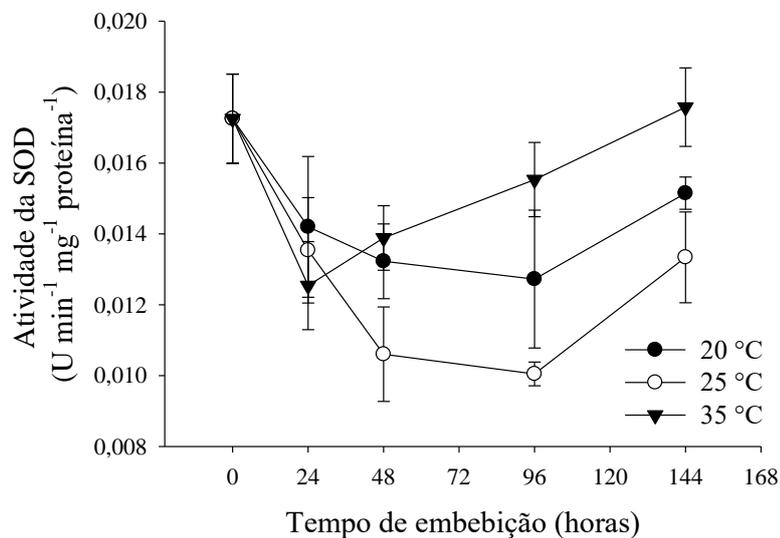


Figura 2: Atividade específica da enzima superóxido dismutase (SOD) em cotilédones de sementes de *Ormosia coarctata* durante o período de germinação, sob efeito das temperaturas 20, 25 e 35 °C. Barras verticais indicam o valor do erro-padrão da média.

Em nenhuma das temperaturas observa-se atividade da APX nas primeiras 24 h de embebição. Houve comportamento semelhante na atividade da APX, nas três temperaturas, com aumento em 48 horas de embebição (Figura 3). O maior aumento foi verificado na temperatura de 35 °C e o menor em 20 °C.

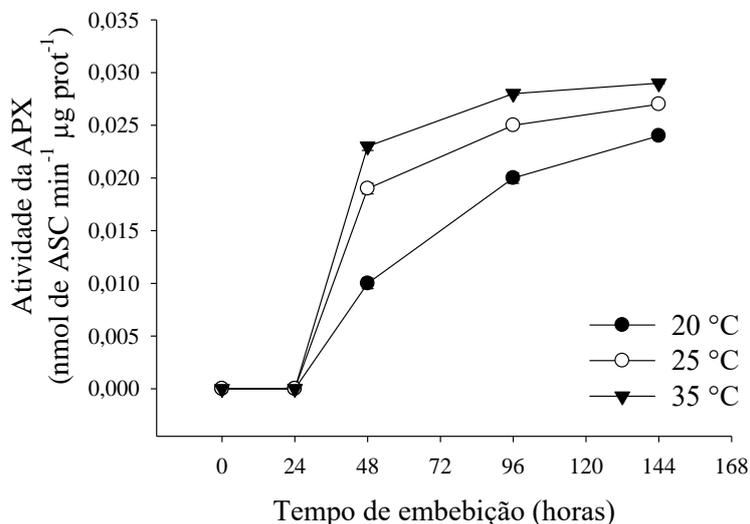


Figura 3: Atividade específica da enzima ascorbato peroxidase (APX) em cotilédones de sementes de *Ormosia coarctata* durante o período de germinação, sob efeito das temperaturas 20, 25 e 35 °C. Barras verticais indicam o valor do erro-padrão da média.

Nas primeiras 24 h não foram detectadas atividades da enzima CAT em nenhuma das temperaturas. Em 48 h de embebição observam-se maiores valores de atividades em 35, 20 e 25°C, respectivamente, seguida de diminuição em 96 h nas três temperaturas e em 144 h de embebição observa-se aumento nas temperaturas de 20 e 25 °C e atividade constante em 35 °C (Figura 4).

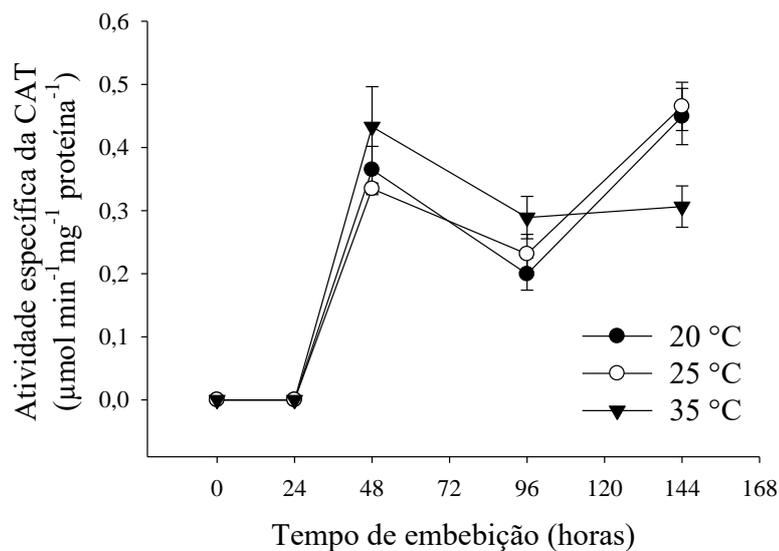


Figura 4: Atividade específica da enzima catalase (CAT) em cotilédones de sementes de *Ormosia coarctata* durante o período de germinação, sob efeito das temperaturas 20, 25 e 35 °C. Barras verticais indicam o valor do erro-padrão da média.

As atividades da POX foram similares nas temperaturas de 20 e 25 °C, com decréscimo em 24 h de embebição, seguida de aumento em 48 h, decréscimo em 96 h e aumento na atividade em 144 h (Figura 5). Na temperatura de 35 °C a atividade permaneceu relativamente constante a partir de 48 horas.

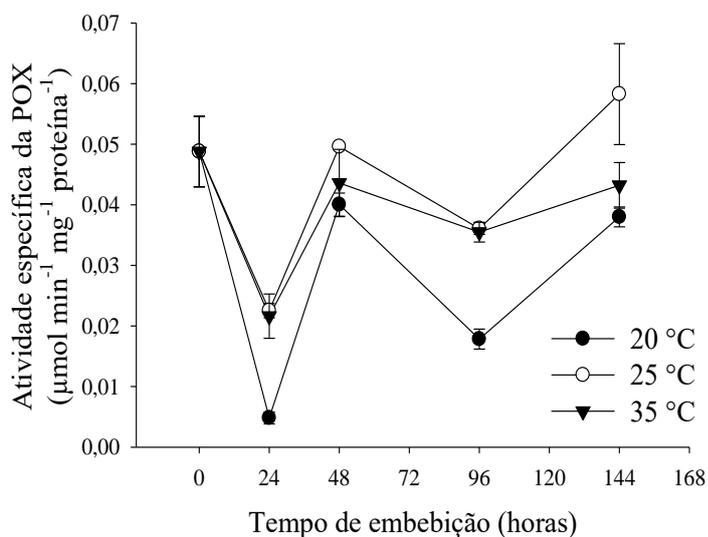


Figura 5: Atividade específica da enzima peroxidase (POX) em cotilédones de sementes de *Ormosia coarctata* durante o período de germinação, sob efeito das temperaturas 20, 25 e 35 °C. Barras verticais indicam o valor do erro-padrão da média.

DISCUSSÃO

Ao controlar a absorção de água pelas sementes e as reações bioquímicas que regulam todo o processo metabólico, a manipulação da temperatura permite otimizar a porcentagem, a velocidade e a uniformidade de germinação, resultando na obtenção de plântulas mais vigorosas e na redução de gastos de produção (NASSIF et al., 2004).

Estudos referentes à influência da temperatura na germinação de sementes florestais tropicais indicam que temperaturas entre 20 e 35°C são favoráveis à germinação de grande parte das espécies (NOGUEIRA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2016).

Para a *O. coarctata* em específico, os maiores valores de germinação ocorreram em 25 e 35 °C, faixa de temperatura que coincidiu com o ambiente ecológico onde ela foi coletada. As temperaturas de 25 e 35 °C resultaram em maiores porcentagens de germinação para outras espécies do gênero, tais como *O. arborea*, *O. nítida* e *O. paraensis* (LOPES et al., 2006; SILVA, 2010; CURIEL e MORAES, 2011; OLIVEIRA et al., 2016).

O IVG aumentou conforme o aumento da temperatura. Estudos referentes à fisiologia da germinação de outras espécies indicam que temperaturas próximo a 35°C proporcionam maiores valores de IVG, quando comparados aos obtidos a 25°C (ALBRECHT et al., 1986, GODOI; TAKAKI 2005). É de se esperar resultados como esses tendo em vista que o aumento da temperatura acelera as reações metabólicas que resultam em aceleração da protrusão radicular.

A temperatura influenciou de maneira diversa a atividade específica das enzimas SOD, APX, CAT e POX nos tempos de embebição. Tais enzimas tem como principal finalidade evitar o acúmulo de espécies reativas de oxigênio produzidas durante a germinação, tendo em vista que esses acúmulos causam danos em diversos compartimentos celulares, podendo causar a morte das sementes (SCANDALIOS, 1993).

Dentre as enzimas do sistema antioxidante, a SOD é a primeira a atuar, realizando a dismutação do radical superóxido (O_2^-) a peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (YAO et al., 2012). As superóxido dismutases (SOD) constituem a primeira linha de defesa contra EROs. Essas enzimas são produzidas em células em condições normais e em condições

de estresse, no entanto as plantas possuem um sistema de defesa bem desenvolvido, que envolve a limitação da formação de EROs e sua remoção (ALSCHER et al., 2002).

A presença da SOD nas sementes da testemunha indica que a enzima foi utilizada durante a formação e se manteve preservada na secagem no estágio do amadurecimento. Os decréscimos nas primeiras 24 horas em todas as temperaturas podem estar sinalizando a degradação de isoenzimas e que não serão mais apropriadas na nova fase, a germinação.

De acordo com Jeevan Kumar et al. (2015) os estádios de dessecação e hidratação das sementes exigem que a produção e acumulação de EROs sejam rigorosamente controladas para garantir a sobrevivência da semente. Yao et al. (2012) observaram que durante a germinação de sementes de *Pisum sativum*, houve aumento da atividade de SOD na temperatura de 22 °C. No entanto, Prodanovic et al., (2007) verificaram que a atividade da enzima SOD apresentou comportamento constante ao longo do período de germinação de sementes de *Picea omorika*, na temperatura de 25 °C. Flores et al. (2014) observaram em eixo embrionário de sementes de *Melanoxylon brauna* que a atividade da SOD nas temperaturas de 25, 30 e 40 °C teve decréscimo a partir do tempo zero de germinação e manteve-se praticamente constante durante todo o período restante. Segundo os autores, a atividade da enzima para a espécie não sofre influência das temperaturas durante a germinação provavelmente por não serem temperaturas que causem estresse às sementes.

Segundo Wojtyla et al. (2006), o aumento das atividades de SOD e dos níveis de EROs celular estão envolvidos em muitas etapas da vida das plantas, incluindo a germinação e o desenvolvimento. Cai et al. (2011) observaram atividade da isoenzimas SOD em cotilédones de sementes de *Jatropha curcas* sintetizadas no início da germinação. Houve aumento progressivo durante o processo de germinação. Segundo os autores, o aumento da atividade da isoenzima SOD pode ser um mecanismo para evitar o estresse oxidativo durante a germinação. Kiran et al. (2012) relatam que a atividade da SOD em sementes de *Ceiba pentandra* pode ser desencadeada tanto pelo aumento na produção de EROs, quanto para proteção adotada contra danos oxidativos.

A atuação da SOD não deve ser avaliada individualmente, tendo em vista que o acúmulo de H₂O₂ produzido por ela é tóxico para as células, podendo facilmente permear-se pelas membranas (MELONI et al., 2003). Portanto, é necessário que sua atividade seja sincronizada com a de outras enzimas.

A ascorbato peroxidase (APX) possui distintas formas isoenzimáticas encontradas no citosol, na mitocôndria, nos peroxissomos, nos cloroplastos e na parede celular

(DABROWSKA et al., 2007). A APX tem papel na remoção de H_2O_2 nas células, atuando no ciclo ascorbato-glutationa na mitocôndria, no qual o H_2O_2 formado. (LOCATO et al., 2010).

Em nenhuma das temperaturas foi observado atividade da APX nas sementes nas primeiras 24 h de embebição. A concentração do peróxido pode estar em baixa nesse período, especialmente se não houve atividade da SOD. A atividade aumenta nos tempos subsequentes com o aumento da temperatura, indicando aumento do metabolismo e, conseqüentemente, na produção do peróxido.

De acordo com Matos (2013), houve aumento na atividade da APX em sementes *Dalbergia nigra* durante a embebição a 35 °C. Yao et al. (2012) observaram aumento da atividade da mesma enzima na germinação de sementes de *Pisum sativum* na temperatura de 22 °C. Rasheed et al. (2016) observaram que a atividade da APX foi mais baixa quando as sementes foram submetidas às temperaturas alternadas de 20 a 30°C comparadas àquelas submetidas as temperaturas de 25 a 35°C em sementes de *Salsola drummondii*. Flores et al. (2014) detectaram baixa atividade da APX no eixo embrionário em sementes de *Melanoxylon brauna* ao longo da germinação nas temperaturas de 15, 25, 30 e 40°C.

Não foi detectada atividade da CAT nas primeiras 24 h, sinalizando a baixa concentração do peróxido de hidrogênio. Como nas enzimas anteriores, houve aumento na atividade, sinalizando o aumento no teor de peróxido. A partir de 96 horas houve variação clara no comportamento da enzima em resposta à temperatura. Enquanto na temperatura de 35°C a atividade se manteve constante, aumentou nas outras duas. É possível que sistemas alternativos estejam atuando em cada uma dessas temperaturas. Em 35 °C sistemas alternativos de desintoxicação podem estar atuando concomitantemente com a enzima, o que permitiu sua estabilização. A temperatura mais alta pode, até certo ponto, interferir na atividade, reduzindo-a. Por outro lado, a 25°C o aumento da atividade pode ter induzido a ação da CAT para evitar intoxicação pelo peróxido, tornando-o sinalizador de atividade metabólica.

Flores et al. (2014) obtiveram resultados semelhantes para a espécie *Melanoxylon brauna*, onde na temperatura de 25°C houve pequeno declínio nas primeiras 24 horas e aumento a partir de 36 horas. Na temperatura de 30 °C as sementes de *Pisum sativum* apresentaram atividade constante para CAT, aumentando na temperatura de 22 °C (Yao et al., 2012). Rasheed et al. (2016) observaram que nas temperaturas consideradas de

qualidade infra ótima para a germinação de sementes de *Salsola drummondii* (10-20 °C e 25-35 °C) coincidiram com aumento na atividade da CAT.

Os resultados indicam que a POX controla a produção de EROs nos estádios iniciais da germinação, o que explica, em parte, as baixas atividades das demais enzimas do sistema antioxidante nas primeiras 24 horas. Aparentemente, a temperatura de 20 °C estimulando menos o metabolismo, tenha a atividade menor. Em 25 °C percebe-se que a atividade se mantém maior pelo nível de atividade metabólica. Sob 35 °C a atividade estabilizou após 48h, em nível intermediário, mas em nível que permite reduzir a concentração do peróxido, evitando danos. A análise de atividade de peroxidase é mais complexa que as demais pela amplitude de reações em que ela participa. Sua atuação abrange desde o metabolismo de ácidos graxos, reação de Fenton na produção de radical hidroxila ou no enrijecimento da parede celular.

A POX está distribuída em vários compartimentos celulares, sendo associada às paredes celulares, membranas, vacúolos e o citosol (GILL e TUTEJA, 2010), desempenhando importante papel no metabolismo das sementes, auxiliando na defesa e prevenção da perda da qualidade (CAMPOS et al., 2004). De acordo com Sharma et al. (2012), a POX atua em cooperação com a CAT na remoção de H₂O₂ excessivo na célula.

As enzimas SOD, CAT, APX e POX parecem estar atuando de forma eficiente para a germinação de sementes de *O. corcatata*, tanto na eliminação das EROs quanto na sua possível manutenção nas células. Além disso, elas atuam como mensageiros secundários em vias de transdução (GECHEV et al., 2006) e no afrouxamento da parede celular necessária para o alongamento (PASSARDI et al., 2004).

CONCLUSÕES

As melhores temperaturas para germinação da espécie *O. coarctata* são 25 e 35 °C. Em nenhuma das temperaturas é observado atividade da APX e CAT nos tempos zero e em 24 h de embebição.

As enzimas SOD, APX e CAT apresentam maior alterações no final da germinação em 35 °C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRETCH, J. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C de L. F.; SILVA, V. S. de M. Influência da temperatura e substrato em sementes de cerejeira. **Revista Brasileira de Sementes**, v.8, n.1, p.49-55, 1986.

ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEATH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of experimental botany**, v. 53, n. 372, p. 1331-1341, 2002.

ALVES, E.U.; ALVES, M.M.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, K.R.G.; BARROZO, L.M.; SANTOS-MOURA, S.S.; CARDOSO, E.A. Germinação e vigor de sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae) em função da coloração do tegumento e temperaturas. **Bioscience Journal**, v.29, n.1, p.216-223, 2013.

ANDERSON, M. D.; PRASAD, T. K.; STEWART, C. R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotyls of maize seedlings. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 109, p. 1247-1257, 1995.

BAILLY, C.; LEYMARIE, J.; LEHNER, A.; ROUSSEAU, S.; CÔME, D.; CORBINEAU, F. Catalase activity and expression in developing sunflower seeds as related to drying. **Journal of experimental botany**, v. 55, n. 396, p. 475-483, 2004.

BARBOSA, M. R.; MEDEIROS, A. S.; WILLADINO, L., ULISSES, C.; RANGEL CAMARA, T. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, 2014.

BARROS, S. S.U.; SILVA, A.; AGUIARI, Ivor B. Germinação de sementes de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms (pau-d'alho) sob diferentes condições de temperatura, luz e umidade do substrato. **Rev. bras. Bot.**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 727-733, 2005 .

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase improved as says and as say applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 44, p. 276-287, 1971.

BHATTACHARJEE, S. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. *Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Higher Plants*, p. 1-30, 2010.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of proteins utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRANCALION, P. H. S.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Rev. bras. sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010 .

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CAI, F.; MEI, L.; AN, X.; GAO, S.; TANG, L.; CHEN, F. Lipid peroxidation and antioxidant responses during seed germination of *Jatropha curcas*. **Journal of Agriculture and Biology**, Oxford, v. 13, p. 25-30, 2011.

CAMPOS, Â. D.; FERREIRA, A. G.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANÇÃO, N.; DA SILVEIRA, E. P.; AUGUSTIN, E. Atividade de peroxidase e polifenoxidase na resistência do feijão à antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 637-643, 2004.

CHANCE, B; MAEHLY, A. C. **Assay of catalases and peroxidases**. Methods in enzymology. 2, 754-775, 1955.

CHEN, C.; LETNIK, I.; HACHAM, Y.; DOBREV, P.; BEN-DANIEL, B. H.; VANKOVÁ, R.; MILLER, G. Ascorbate peroxidase protects Arabidopsis desiccating and germinating seeds from stress and mediates cross talk between reactive oxygen species, abscisic acid, and auxin. **Plant physiology**, v. 166, n. 1, p. 370-383, 2014.

COSTA, P. F. C.; OLIVAL, A.; ARANTES, V. T. Caracterização de sistemas agroflorestais (safes) implantados com “muvuca” de sementes na região norte do estado do Mato Grosso. In: X Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais, Cuiabá. **Anais**. Cuiabá: UFMT, p. 1-3, 2016.

CURIEL, A. C.; DE MORAES, C. P. Germinação de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms submetida a diferentes períodos de exposição e concentração de GA3 pós escarificação mecânica. **Scientia Plena**, v. 7, n. 12, 2012.

DABROWSKA, G. et al. Characteristics of the plant ascorbate peroxidase family. **Acta Biologica Cracoviensia**, v.49, n.1, p.7-17, 2007.

DEL LONGO, O. T.; GOINZ'ZLEZ, C. A.; PASTORI, G. M.; TRIPPI, V. S. Antioxidant defenses under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential to drought. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v. 37, n. 7, p. 1023-1028, 1993.

ESCOBAR, T. A.; PEDROSO, V. M.; BONOW, R. N.; SCHWENGBER, E. B. Superação de dormência e temperaturas para germinação de sementes de *Acacia caven* (Mol.) Mol. (espinilho). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2 p. 124-130, 2010.

FLORES, A.V.; BORGES, E. E. L.; GUIMARÃES, V. M.; GONÇALVES, J. F. C.; ATAÍDE, G. M.; BARROS, D. P. Atividade enzimática durante a germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott sob diferentes temperaturas. **Revista Cerne**, v.20, n.3, p.401-408, 2014.

GECHEV, T. S.; VAN BREUSEGEM, F.; STONE, J. M.; DENEV, I.; LALOI, C. Reactive oxygen species as signals that modulate plant stress responses and programmed cell death. **Bioessays**, v. 28, n. 11, p. 1091-1101, 2006.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases: I, occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 59, p. 309-314, 1977.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GODOI, S.; TAKAKI, M. Efeito da temperatura e a participação do fitocromo na germinação de sementes de embaúba. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.2, p. 87-90, 2006.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S.; FRANÇA, P. R. C.; LIMA, C. R. Umedecimento do substrato e temperatura na germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (All.) A.C. Smith. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 116-122, 2010.

HODGES, D. M.; ANDREWS, C. J.; JOHNSON, D. A.; HAMILTON, R. I. Antioxidant enzyme responses to chilling stress in differentially sensitive inbred maize lines. *Journal of Experimental Botany*, **Oxford**, v. 48, n. 310, p. 1105-1113, 1997.

HOLANDA, M. M.; SOUZA, L. A. G. Avaliação da viabilidade das estirpes de rizóbios da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo do INPA-CPCA. In: XX Jornada de Iniciação Científica, 2011, Manaus. **Anais**. XX Jornada de Iniciação Científica do INPA - PIBIC/PAIC, 2011.

ISERNNHAGEM, I. **Listagem florística de espécies arbóreas e arbustivas de Mato Grosso: um ponto de partida para projetos de restauração ecológica**. Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril. Organização geral e prefácio Ingo Isernhagen. Sinop: Embrapa. 166 p., 2015 (Volume Série Documentos).

JEEVAN KUMAR, S. P.; RAJENDRA PRASAD, S.; BANERJEE, R.; THAMMINENI, C. Seed birth to death: dual functions of reactive oxygen species in seed physiology. **Annals of botany**, v. 116, n. 4, p. 663-668, 2015.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v.57, p.315-319, 1976.

KIM, Y.H.; KWAK, S.S. The role of antioxidant enzymes during leaf development. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfi eld: **Science Publishers**, p.129-150, 2010.

KIRAN, C. R.; RAO, D. B.; SIRISHA, N.; RAO, T. R. Impact of Germination on Biochemical and Antioxidant Enzymes of *Ceiba pentandra* (Kapok) Seeds. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, n. 09, p. 1187, 2012.

LOCATO, V. et al. Reactive oxygen species and ascorbateglutathione interplay in signaling and stress responses. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfi eld: **Science Publishers**, 2010. p.45-64.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; MACEDO, C. M. P. Tratamentos para acelerar a germinação e reduzir a deterioração das sementes de *Ormosia nitida* Vog. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.171-177, 2006.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MATOS, A. C. B. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) (Vell.) Fr. All. Ex Benth) sob estresse térmico.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

MELLO, L. M.; CANTOS, A. A.; MENEGHELLO, G. E.; SILVA, A. C. S.; VILLELA, F. A. Superação de dormência e influência da temperatura, substrato e fotoperíodo na germinação de sementes de *Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae). **Revista Thema**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 30-37, 2016.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NOGUEIRA, N. W. Diferentes temperaturas e substratos para germinação de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 2, p. 95-98, 2013.

OLIVEIRA, A. K. M.; SOUZA, J. S.; CARVALHO, J. M. B.; SOUZA, S. A.; BOCCHESI, R. A. Germinação de sementes e crescimento de *Ormosia arborea* em diferentes temperaturas e substratos. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 4, 2016.

OLIVEIRA, F.N.; FRANÇA, F.D.; TORRES, S.B.; NOGUEIRA, N.W.; FREITAS, R.M.O. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de pereiro-vermelho (*Simira gardneriana* M.R. Barbosa e Peixoto). **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 658-666, 2016.

PACHECO, M. V.; MATTEI, V. L.; MATOS, V. P.; SENA, L. H. D. M. Germination and vigor of *Dimorphandra mollis* Benth. Seeds under different temperatures and substrates. **Revista Árvore**, v.34, n.2, p.205-213, 2010.

PASSARDI, F.; PENEL, C.; DUNAND, C. Performing the paradoxical: how plant peroxidases modify the cell wall. **Trends in plant science**, v. 9, n. 11, p. 534-540, 2004.

PIRES, R. M. O.; SOUZA, G. A.; DIAS, D. C. F. S.; OLIVEIRA, L. A.; BORGES, E. E. L. Protective action of nitric oxide in sesame seeds submitted to water stress. **J. Seed Sci.**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 350-357, 2016.

PRODANOVIC, O.; PRODANOVIC, R.; BOGDANOVIC, J.; MITROVIC, A.; MILOSAVIC, N.; RADOTIC, K. Antioxidative enzymes during germination of two lines of serbian spruce [*Picea omorika* (Panč.) Purkyně]. **Archives of Biological Sciences**, v.59, p.209-216. 2007.

RAJJOU, L.; DUVAL, M.; GALLARDO, K.; CATUSSE, J.; BALLY, J.; JOB, C.; JOB, D. Seed germination and vigor. **Annual review of plant biology**, v. 63, p. 507-533, 2012.

RAMALHEIRO, J. P. S. C. **Contribuição para a caracterização bioquímica do estado de maturação de azeitonas de diferentes variedades**. 2009. 51 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

RASHEED, A.; HAMEED, A.; KHAN, M. A.; GUL, B. Variation in temperature and light but not salinity invokes antioxidant enzyme activities in germinating seeds of *Salsola drummondii*. **Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, v. 150, n. 5, p. 1072-1082, 2016.

SCALON, S. D. P. Q.; LIMA, A. A.; SCALON FILHO, H.; VIEIRA, M. C. Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Campomanesia adamantium* Camb.: Efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 96-103, 2009.

SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and superoxides dismutases. **Plant Physiology**, v. 101, p. 7-12, 1993.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v. 1, n. 1, p. 1-26, 2012.

SILVA, A.G.; AZEREDO, G.A.; SOUZA, V.C.; MARINI, F.S.; PEREIRA, E.M. Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.2, p. 49-54, 2016.

SILVA, B. M. S. **Morfo-anatomia, dormência, germinação e emergência de plântulas de tento (*Ormosia paraensis* Ducke - Fabaceae):** 1-76. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

TOMMASI, F.; PACIOLLA, C.; DE PINTO, M. C.; DE GARA L. A comparative study of glutathione and ascorbate metabolism during germination of *Pinus pinea* L. seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 361, p. 1647-1654, 2001.

VALADARES, J.; PAULA, R. C. Temperaturas para germinação de sementes de *Poecilanthe parviflora* Bentham (Fabaceae - Faboideae). **Rev. bras. sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 164-170, 2008.

WOJTYLA, Ł.; GARNCZARSKA, M.; ZALEWSKI, T.; BEDNARSKI, W.; RATAJCZAK, L.; JURGA, S. A comparative study of water distribution, free radical production and activation of antioxidative metabolism in germinating pea seeds. **Journal of plant physiology**, v. 163, n. 12, p. 1207-1220, 2006.

YAO, Z.; LIU, L.; GAO, F.; RAMPITSCH, C.; REINECKE, D. M.; OZGA, J. A.; AYELE, B. T. Developmental and seed aging mediated regulation of antioxidative genes and differential expression of proteins during pre- and post-germinative phases in pea. **Journal of Plant Physiology**, v.169, p.1477-1488. 2012.

CONCLUSÕES GERAIS

Os melhores resultados para a condução da germinação de sementes de *Ormosia coarctata* foram obtidos com os substratos areia e rolo de papel.

A faixa ótima de temperatura para germinação das sementes de *O.coarctata* está entre 25 e 35 °C.

As sementes de *O.coarctata* germinam tanto na presença quanto na ausência de luz, comportando-se como fotoblásticas neutras.

As taxas de absorção de água das sementes aumentam à medida em que se aumenta a temperatura. As alterações nas reservas de carboidratos, de lipídeos e de proteínas apresentam decréscimos em todas as temperaturas.

Nas temperaturas de 25, 30 e 35°C, a mobilização de açúcares solúveis, de xilose e de galactose tiveram padrões semelhantes.

Nas temperaturas 15 e 40 °C, acima e abaixo da faixa ótima de germinação para a espécie de *Ormosia coarctata*, foram detectados teores de glicose, o que não foi observado nas demais temperaturas.

Em nenhuma das temperaturas foi observado atividade da APX e CAT nos tempos zero e em 24 h de embebição. As enzimas SOD, APX e CAT apresentam maiores alterações em suas atividades em 35 °C.